REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE DI NUOVO IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA - COMUNE DELLA SPEZIA (SP)

CIG:601404963B - CUP C48I14000040005

PROGETTO DEFINITIVO

Capogruppo Mandataria:

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Ing. Valter PEISINO

I.G. INGEGNERIA GEOTECNICA S.r.l.
Corso Montevecchio, 50 - 10129 Torino
P. IVA 02325010

Mandanti:

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE
Arch. Pier Augusto DONNA BIANCO

P.I. Pietro MARCELLINO - Progettazione Antincendio

Consulenti specialistici:

Desmos Ingegneria Ambiente Energia
Ing. Stefano VEGGI
Ing. Manlio PACITTI

ORDINE INGEGNERI PROV. ALESSANDRIA
INGEGNERE
N° A-1034
SEZIONE A

Responsabile Unico del Procedimento:
ACAM Ambiente S.p.A. - Ing. Marco FANTON

Titolo elaborato

Disciplinare Tecnico Prestazionale

n° elaborato
CM5

Scala -

Stato		Data	Annotazioni	Redatto	Verificato	Approvato
Emissione	0	12 / 2015	EMISSIONE	Ing. Fretti	Ing. Veggi	Ing. Peisino
Revisioni	1	12 / 2015	EMISSIONE DEFINITIVA	Ing. Paci	Ing. Veggi	Ing. Peisino
	2					

Diritti riservati ex art. 2578 C.C. - Riproduzione e consegna a terzi solo su specifica autorizzazione.

Commessa n° 20830

Capogruppo:

IG INGEGNERIA GEOTECNICA srl
Ricerca progettazione e consulenza nel campo dell'ambiente, della geologia e dell'ingegneria civile
C.so Montevecchio, 50 - 10129 Torino
Tel. (011) 5611811/fax (011) 5620568
e-mail: ig@ingegneriageotecnica.com

ISO 9001:2008
ISO 14001:2004

Mandanti

ECOPLAN
SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE

P.I. Pietro MARCELLINO

ambiente SpA

REGIONE LIGURIA
Provincia di LA SPEZIA
Comune di La Spezia

"LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE E REALIZZAZIONE DI NUOVO IMPIANTO CON RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE IN LOC. SATURNIA COMUNE DELLA SPEZIA (SP)"

PROGETTO DEFINITIVO

Disciplinate Tecnico Prestazionale

DESMOS Rel. 010.2015-002CM5.01 **Milano, 1 dicembre 2015**

n°	Data	§ revisionato	Motivo della revisione
00	12/2015	Fretti - Veggi	Emissione
01	12/2015	Paci - Veggi	Emissione definitiva
02			
03			
04			

Indice

1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI – MODO DI ESECUZIONE E ORDINE DA TENERSI NEI LAVORI 1

1.1 Premessa 1

1.2 Qualità, requisiti, provenienza e accettazione dei materiali 1

1.3 Accettazione, qualità ed impiego dei materiali 2

2 ARGILLA DI FONDO 4

2.1 Composizione 4

2.2 Provenienza 4

2.3 Prove di qualificazione 5

2.3.1 Argilla 5

2.3.2 Argilla e cemento 6

2.4 Cave di prestito e fornitura 7

2.4.1 Apertura e/o sfruttamento cave di prestito 7

2.4.2 Depositi intermedi di accumulo del materiale di cava 7

2.5 Prove di controllo sul materiale approvvigionato in cantiere 7

2.6 Posa in opera dello strato minerale 8

2.6.1 Piano di posa 8

2.6.2 Provenienza del materiale 9

2.7 Modifiche delle modalità di posa dello strato minerale 9

2.8 Stesura del materiale dello strato impermeabile 9

2.8.1 Norme generali 9

2.8.2 Programma di stesura del materiale 10

2.8.3 Smaltimento provvisorio delle acque meteoriche 11

2.8.4 Approvazione 11

2.8.5 Operazioni di stesura 11

2.8.6 Umidificazione 11

2.8.7 Condizioni climatiche 11

2.8.8 Tolleranze plano-altimetriche 12

2.8.9 Protezione dello strato completato 12

2.9 Mezzi di compattazione 12

2.9.1 Prescrizioni limite 13

2.9.2 Operazioni di compattazione 13

2.10 Prove di controllo da effettuarsi in fase di stesura dello strato minerale 13

2.10.1 Prove di controllo prima della compattazione 13

2.10.2 Prove di controllo dopo la compattazione 14

2.10.3 Valori di riferimento 15

2.11 Rapportini 15

2.12 Verifica finale 16

2.13 Caratteristiche del materiale 17

2.13.1 Composizione 17

2.14 Provenienza del materiale 17

2.14.1 Provenienza 17
2.14.2 Cave di prestito e fornitura 18
2.14.3 Prove di qualificazione argilla 19
2.14.4 Miscela argilla-cemento 19
2.15 Posa in opera dello strato minerale 20
2.15.1 Piano di posa 20
2.15.2 Campo prova 21
2.15.3 Stesura del materiale 22
2.15.4 Controlli in corso d'opera 26
2.16 Normativa di riferimento 30
3 INERTI DI DRENAGGIO 31
3.1 Caratteristiche del materiale 31
3.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale 31
3.3 Controlli in corso d'opera 31
3.4 Normativa di riferimento 32
4 GEOMEMBRANE IN HDPE 33
4.1 Caratteristiche generali 33
4.2 Controlli di qualità in fabbrica 35
4.3 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale 36
4.3.1 Referenze del produttore 36
4.3.2 Referenze del posatore di teli 37
4.3.3 Ispezioni e prove 37
4.3.4 Istruzioni di fornitura, trasporto, stoccaggio e posa in opera 37
4.3.5 Verifica della qualità del materiale approvvigionato in cantiere 38
4.4 Posa in opera del materiale 38
4.4.1 Manutenzione della superficie di posa 38
4.4.2 Posizionamento dei teli in opera 38
4.4.3 Verbale di accettazione 39
4.5 Controlli in corso d'opera 39
4.5.1 Controlli da effettuarsi prima della posa del materiale 39
4.5.2 Controlli da effettuarsi in corso d'opera 39
5 GEOCOMPOSITO BENTONITICO 45
5.1 Caratteristiche generali 45
5.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale 47
5.2.1 Referenze del produttore 47
5.2.2 Ispezioni e prove 47
5.2.3 Istruzioni di fornitura, trasporto, stoccaggio e posa in opera 47
5.2.4 Verifica della qualità del materiale approvvigionato in cantiere 48
5.3 Posa in opera del materiale 48
5.3.1 Manutenzione della superficie di posa 48
5.3.2 Posizionamento dei teli in opera 48
5.3.3 Verbale di accettazione 48
5.4 Controlli in corso d'opera 49
5.4.1 Controlli da effettuarsi prima della posa del materiale 49
5.4.2 Controlli da effettuarsi in corso d'opera 49

6 GEOCOMPOSITO DRENANTE 51
6.1 Caratteristiche del materiale 51
6.1.1 Caratteristiche tecniche del materiale 51
6.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale 52
6.2.1 Referenze del produttore 52
6.2.2 Ispezioni e prove 52
6.2.3 Istruzioni di fornitura, trasporto e stoccaggio 52
6.2.4 Verifica del materiale approvvigionato in cantiere 53
6.2.5 Verifica della resistenza a taglio di interfaccia 53
6.3 Posa in opera del materiale 54
6.3.1 Manutenzione della superficie di posa 54
6.3.2 Posizionamento dei teli in opera 54
6.3.3 Procedure per la posa in opera 54
6.4 Controlli in corso d'opera 55
6.5 Normativa di riferimento 56
7 GEOTESSILI 57
7.1 Caratteristiche generali 57
7.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale 60
7.2.1 Referenze del produttore 60
7.2.2 Ispezioni e prove 60
7.2.3 Istruzioni di fornitura, trasporto, stoccaggio e posa in opera 60
7.2.4 Verifica della qualità del materiale approvvigionato in cantiere 61
7.3 Posa in opera del materiale 61
7.3.1 Manutenzione della superficie di posa 61
7.3.2 Posizionamento dei teli in opera 61
7.3.3 Verbale di accettazione 61
7.3.4 Procedure per la posa in opera 61
7.4 Controlli in corso d'opera 62
7.4.1 Controlli da effettuarsi prima della posa del materiale 62
7.4.2 Controlli sulla posa dei teli 63
8 TUBAZIONI IN HDPE PIENE E FESSURATE 64
8.1 Caratteristiche del materiale 64
8.1.1 Generalità 64
8.1.2 Caratteristiche delle fessure (solo per le tubazioni fessurate) 65
8.1.3 Marcatura 65
8.2 Criteri di accettazione del materiale 66
8.3 Posa in opera del materiale 66
8.3.1 Trasporto 66
8.3.2 Carico, scarico e movimentazione 66
8.3.3 Accatastamento dei tubi 67
8.3.4 Conservazione di raccordi, valvole e pezzi speciali 67
8.3.5 Modalità e procedura di posa in opera 68
8.4 Collaudo idraulico per tubazioni in pressione 79
8.4.1 Collaudo tradizionale 79
8.4.2 Collaudo aggiornato 81
8.5 Normativa di riferimento 82

9 TERRE RINFORZATE 83
9.1 Caratteristiche delle geogriglie di rinforzo 83
9.2 Caratteristiche del terreno di riempimento 84
9.3 Modalità esecutive 84
9.4 Controlli in corso d'opera 85
10 CALCESTRUZZI 86
10.1 Caratteristiche delle materie prime 86
10.1.1 Cemento 86
10.1.2 Aggregati 87
10.1.3 Acqua di impasto 88
10.1.4 Additivi 88
10.1.5 Aggiunte 88
10.2 Requisiti per il calcestruzzo fresco 89
10.2.1 Lavorabilità 89
10.2.2 Rapporto acqua/cemento 91
10.2.3 Granulometria e dimensione massima degli aggregati 91
10.2.4 Massa volumica 92
10.2.5 Contenuto d'aria 92
10.3 Requisiti per il calcestruzzo indurito 92
10.3.1 Resistenza a compressione 92
10.3.2 Massa volumica 93
10.3.3 Durabilità 93
10.4 Specifica del calcestruzzo 94
10.5 Confezionamento e posa in opera 96
10.5.1 Impianto di produzione 96
10.5.2 Stoccaggio delle materie prime 96
10.5.3 Apparecchiature di dosaggio 97
10.5.4 Processo di produzione 98
10.6 Controllo di conformità del calcestruzzo 102
10.6.1 Conformità per la resistenza a compressione 102
10.6.2 Conformità per proprietà diverse dalla resistenza 103
10.7 Controlli di produzione 103
10.7.1 Controllo al ricevimento delle materie prime 103
10.7.2 Controllo del calcestruzzo 103
10.7.3 Controllo delle apparecchiature 104
10.8 Controlli al ricevimento del calcestruzzo in cantiere 104
10.9 Posa in opera delle miscele 104
10.9.1 Stagionatura 106
10.9.2 Casseformi e finitura 107
11 POZZI IN ACCIAIO 109
11.1 Caratteristiche dell'acciaio 109
11.2 Rivestimenti delle tubazioni 109
11.2.1 Rivestimenti esterni di tipo bituminoso 109
11.3 Dimensioni delle tubazioni 111
11.4 Sistemi di giunzione 111

11.5 Tolleranze ... 112
11.6 Marcatura ... 112
11.7 Certificazioni e collaudi ... 112
11.8 Calcestruzzo armato ... 113
12 PALI DI FONDAZIONE ... 114
12.1.1 Classificazione ... 114
12.1.2 Definizioni ... 114
12.1.3 Normative di riferimento ... 114
12.1.4 Preparazione del piano di lavoro ... 115
12.2.1 Micropali e mediopali ... 116
12.2.2 Definizione ... 116
12.2.3 Modalità esecutive ... 117
12.2.4 Armature metalliche ... 118
12.3.1 Formazione del fusto del micropalo ... 119
12.3.2 Generalità ... 119
12.3.3 Micropali a gravità ... 119
12.3.4 Micropali a bassa pressione ... 120
12.3.5 Micropali con iniezione ripetuta, ad alta pressione ... 120
12.4.1 Scapitozzatura ... 122
12.5.1 Documentazione ... 123
13 TIRANTI DI ANCORAGGIO NEI TERRENI ... 124
13.1 Definizioni e scopo ... 124
13.2 Prove tecnologiche preliminari ... 124
13.3 Materiali ed elementi costruttivi ... 125
13.3.1 Acciai e dispositivi di bloccaggio ... 125
13.3.2 Miscele di iniezione: composizione e controlli ... 125
13.3.3 Elementi di protezioni ... 126
13.3.4 Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione ... 127
13.4 Tolleranze geometriche ... 127
13.5 Perforazione ... 128
13.6 Assemblaggio e posa delle armature ... 129
13.7 Connessione al terreno ... 130
13.7.1 Iniezione semplice ... 130
13.7.2 Iniezione ripetuta in pressione ... 130
13.8 Tesatura e collaudo ... 132
13.9 Documentazione dei lavori ... 132

1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI – MODO DI ESECUZIONE E ORDINE DA TENERSI NEI LAVORI

1.1 Premessa

Il presente documento ha lo scopo di precisare le caratteristiche dei materiali principali e le modalità di posa in opera delle opere da realizzarsi in Località Saturnia nel Comune di La Spezia (SP) definite nel Progetto Definitivo per la realizzazione della discarica e riqualificazione ambientale.

1.2 Qualità, requisiti, provenienza e accettazione dei materiali

I materiali da impiegare per la realizzazione delle opere descritte nel presente Capitolato Speciale d'Appalto devono corrispondere ai requisiti prescritti nei successivi Capitoli; nel caso in cui non siano espressamente dichiarate le caratteristiche del materiale, l'Impresa deve fare riferimento a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.
In mancanza di particolari prescrizioni, i materiali impiegati devono essere delle migliori qualità esistenti in commercio.
La Direzione Lavori ha la facoltà di prescrivere le qualità dei materiali che si devono impiegare in ogni singolo lavoro, quando trattasi di materiali non contemplati nel presente Capitolato.
I materiali occorrenti devono provenire da località e/o Aziende che l'Impresa ritiene di sua convenienza, purché ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, siano riconosciuti della migliore qualità e comunque rispondenti ai requisiti di cui sopra. L'impresa deve quindi sottoporre per approvazione alla Direzione Lavori ogni materiale in fase di approvvigionamento in cantiere e durante la posa in opera.
Nel caso in cui la Direzione Lavori dovesse rifiutare una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa, a sua cura e spese, deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute.
I materiali rifiutati devono essere allontanati immediatamente dal cantiere, a cura e spese della stessa Impresa.

Nonostante l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Impresa risulta essere la sola ed unica responsabile della riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.
Le opere devono essere eseguite secondo un programma dei lavori presentato e disposto dall'Impresa, previa accettazione della Direzione Lavori o dalle disposizioni che verranno ordinate volta per volta dalla Direzione Lavori. Resta invece di esclusiva competenza dell'Impresa la loro organizzazione per aumentare il rendimento della produzione lavorativa.
L'impiego, da parte dell'Impresa, di prodotti provenienti da operazioni di riciclaggio è ammesso, purché il materiale rientri nelle successive prescrizioni di accettazione. La loro presenza deve essere dichiarata alla Direzione Lavori.
L'Impresa deve demolire e rifare, a sua cura e spese, i lavori eseguiti senza la necessaria diligenza e con materiali per qualità, misura e peso diversi dai prescritti, anche in caso di sua opposizione e protesta.
In merito all'eventuale opposizione o protesta, da esprimersi nelle forme prescritte dalla normativa vigente, verrà deciso secondo la procedura stabilita dalle norme medesime.
Qualora la Direzione Lavori presuma che esistano difetti di costruzione, può ordinare le necessarie verifiche.

1.3 Accettazione, qualità ed impiego dei materiali

I controlli di qualificazione in fase di approvvigionamento devono essere realizzati a cura dell'Impresa.
Le prove di controllo in corso d'opera rimangono a carico dell'Impresa e devono essere eseguite da un laboratorio (ufficiale quando previsto dalla legge) di gradimento della Committente e della Direzione Lavori.
In correlazione a quanto è prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'impresa è obbligata a prestarsi in tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione dei campioni, le analisi in sito e/o l'invio degli stessi a laboratori specializzati (ufficiali quando previsto dalla legge) indicati dalla Committente e/o dalla Direzione Lavori, nonché per le corrispondenti prove ed esami.
Il prelievo dei saggi e/o campioni per le prove prescritte deve avvenire in contraddittorio e dell'operazione deve essere redatto apposito verbale con tutte le indicazioni utili ad

individuare univocamente i prelievi effettuati, la loro conservazione e la loro autenticità che deve essere garantita, secondo i casi, da punzonature e/o sigilli e/o fotografie.

Le diverse prove ed esami sui campioni devono essere effettuate presso laboratori specializzati ,secondo quanto previsto nel presente documento.

I risultati ottenuti in tali laboratori di fiducia della Committente sono i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

2 ARGILLA DI FONDO

Con il termine "argilla" si intende quello che il D.Lgs. 36/03, allegato 1, paragrafo 2.4.2 definisce come:
"materiale minerale compattato caratterizzato da uno spessore di almeno 100 cm con una conducibilità idraulica $k \leq 10^{-7}$ cm/s, depositato preferibilmente in strati uniformi compattati dello spessore massimo di 20 cm".

2.1 Composizione

Il materiale da utilizzarsi per la costruzione della copertura definitiva è costituito da argilla con granulometria all'interno dei limiti indicati in Tabella 2.1.

	Vaglio ASTM N.				**Dimensioni dei grani**
	4	40	80	200	< 0.002 mm
	Percentuale passante				
Limite superiore	100	100	100	100	60
Limite inferiore	90	80	60	40	20

Tabella 2.1 Limiti granulometrici dell'argilla.

I limiti di Atterberg devono rispettare i seguenti valori:

limite liquido LL: > 25%;

limite plastico LP: non specificato;

indice di plasticità IP: 10-45%.

Il materiale deve essere tale che, compattato secondo le prescrizioni di cui nei paragrafi seguenti, risulti avere le caratteristiche prescritte.
Inoltre deve essere privo di qualsiasi materia estranea quale terreno organico, piante, materiale di discarica e di qualsiasi altro tipo non idoneo alla costruzione dello strato.
È escluso l'impiego di materiale proveniente dal lavaggio degli inerti.

2.2 Provenienza

Il materiale naturale deve provenire da una o più cave di prestito proposte dall'Impresa ed approvate dalla Direzione Lavori.
Per ogni zona di provenienza del materiale naturale, l'Impresa deve eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno un sondaggio o pozzetto ogni 10.000 m^3), avvertendo la

Direzione Lavori sulla data di esecuzione in modo da consentire di assistere e fornendo la documentazione comprovante l'esecuzione degli stessi (stratigrafie, fotografie, relazione).
È compito dell'Impresa prelevare campioni nel corso dei sondaggi e/o dei pozzetti e fornire, tramite prove di qualificazione elencate nel Paragrafo 2.3, gli elementi necessari per l'approvazione del materiale naturale. I risultati delle prove effettuate dall'Impresa devono essere messi a disposizione della Committente e della Direzione Lavori che si riserveranno nel giro di 15 giorni di esprimere il parere favorevole o contrario, prima dell'inizio del trasporto del materiale in cantiere.
Per quanto riguarda il cemento utilizzato per le miscele, dovranno essere fornite alla D.L. le schede tecniche riportanti i seguenti dati:

- Tipo;
- Composizione chimica.

2.3 Prove di qualificazione

2.3.1 *Argilla*

Per ogni campione di materiale naturale prelevato, l'Impresa deve fornire le seguenti prove necessarie per l'accettazione dello stesso:

- n. 1 misurazione dell'umidità naturale (in cava) (ASTM D2216);
- n. 1 analisi mineralogica;
- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422);
- n.1 limiti di Atterberg liquido e plastico (ASTM D4318);
- n. 1 prova di compattazione con il metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità (curve di compattazione);
- n. 1 prova di compattazione con il metodo ASTM Modificato – metodo Proctor (ASTM D1557) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità (curve di compattazione);
- n. 3 prove di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D18130) a diversi contenuti d'acqua, tutte effettuate con gradiente idraulico i pari a 30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 ;
- n. 3 prove di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Modificato – metodo Proctor (ASTM D18130) a diversi contenuti d'acqua, tutte effettuate con

gradiente idraulico i pari a 30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2.

I risultati delle prove devono essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiscono parte integrante per l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.

2.3.2 *Argilla e cemento*

Per quanto riguarda l'argilla da addizionare con cemento si dovrà scegliere il dosaggio di cemento entro il campo di variazione del 5÷10% in peso.

Definita la quantità di cemento tramite prove di qualificazione, sulla miscela definitiva si eseguiranno le seguenti prove:

- n. 3 curve di compattazione: Proctor Modificato, Proctor Standard e Proctor "ridotto" (*) con determinazione del contenuto d'acqua "ottimo" e della relativa densità;
- n. 3 prove di permeabilità e n. 3 prove triassiali non consolidate non drenate (UU) su provino ricostituito compattato con energia del Proctor Standard e contenuto d'acqua 'Ottimo' oppure concordato con la D.L. a 14, 28 gg, e 2 mesi o a maturazione avvenuta;
- n. 6 prove di permeabilità in laboratorio effettuate sul materiale, compattato con energia del Proctor Modificato, Standard e "ridotto" e vari contenuti d'acqua a maturazione avvenuta, effettuate con gradiente di i=30 e con pressione di confinamento efficace di 0.25 kg/cm^2;
- n. 6 prove triassiali non consolidate non drenate (UU) effettuate su provini ricostituiti compattati con energie e contenuto d'acqua variabile a maturazione avvenuta;
- n. 3 prove di taglio diretto effettuate su provino ricostituito compattato con energia del Proctor Standard e contenuto d'acqua 'Ottimo', oppure concordate con la D.L., a 14, 28 gg e 2 mesi o a maturazione avvenuta per la determinazione dei parametri di resistenza drenati c' e ϕ';
- n.2 prove di permeabilità-diffusione su provino ricostruito con le modalità scelte dalla D.L. a maturazione avvenuta utilizzando come liquido percolato artificiale.

(*) *energia di compattazione pari a quella del Proctor Standard con 15 colpi anziché 25*

2.4 Cave di prestito e fornitura

2.4.1 *Apertura e/o sfruttamento cave di prestito*

Lo sfruttamento della cava di prestito e/o l'apertura di una nuova cava è a totale cura e spese dell'Impresa e precisamente:

- si assume tutti gli oneri relativi alla predisposizione e alla presentazione agli uffici competenti, nonché alla richiesta e all'ottenimento delle relative autorizzazioni;
- deve corrispondere le relative indennità ai proprietari delle cave;
- deve provvedere al sicuro e facile deflusso delle acque che si dovessero raccogliere nelle cave stesse, evitando ristagni e/o danni alle proprietà circostanti;
- deve sistemare convenientemente le scarpate, in osservanza anche alla normativa vigente.

Le cave di prestito devono 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 devono essere garantite per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui l'Impresa, a sua cura e spese, dovesse avvalersi.

2.4.2 *Depositi intermedi di accumulo del materiale di cava*

L'Impresa può formare, su delle opportune aree in cantiere assegnatele dalla Direzione Lavori o dalla Committente, dei depositi intermedi di accumulo di materiale per il riporto, se il recapito di tale materiale al cantiere dovesse procedere ad un ritmo più veloce della sua messa in opera. Il tempo di stoccaggio deve essere comunque il più breve possibile al fine di evitare la crescita di erbe ed arbusti lungo i depositi stessi.

2.5 Prove di controllo sul materiale approvvigionato in cantiere

Prima della compattazione, l'impresa deve prelevare campioni di materiale naturale portato in cantiere e/o accumulato temporaneamente, prima che esso venga compattato per eseguire prove di controllo con frequenza indicata di seguito:

- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422) ogni 500 m^3 di materiale;
- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318) ogni 500 m^3 di materiale;

- n.1 prova di compattazione con il metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità ogni 2000 m^3,

Si vogliono verificare le caratteristiche di compattazione per poi confrontarle con i risultati delle prove di controllo che verranno effettuate sul materiale compattato.
I risultati delle prove devono essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiscono parte integrante per l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.
Il prelievo dei campioni, le analisi, l'approvazione della Direzione Lavori e la successiva compattazione deve avvenire in un arco di tempo ragionevolmente ristretto e comunque tale da far si che le condizioni atmosferiche non alterino il grado di umidità del materiale.
In caso negativo non si può procedere alla compattazione ma devono essere presi provvedimenti tali da riportare il materiale al grado di umidità voluto e le verifiche diano esito positivo.
La Direzione Lavori si riserva di chiedere una frequenza maggiore di prove nel caso in cui il materiale risulti poco omogeneo.
La Direzione Lavori deve essere avvertita quando avverranno tali prelievi, in modo da consentirle di assistere.
Inoltre si richiede la presenza in sito di un laboratorio da campo per l'esecuzione di prove di controllo sul materiale approvvigionato e la taratura delle procedure di posa in opera dello strato minerale.

2.6 Posa in opera dello strato minerale

2.6.1 *Piano di posa*

Il piano di posa appositamente preparato deve essere mantenuto in condizioni ottimali dall'Impresa che lo ha eseguito fino all'inizio delle operazioni di posa dello strato argilloso.
In particolare si deve evitare che le acque meteoriche si raccolgono su tale superficie, tramite l'impiego di apposite canalizzazioni perimetrali.
L'Impresa deve assolutamente evitare il formarsi di pozze d'acqua piovana prima di iniziare la posa dello strato impermeabile sulla superficie del piano di posa; se, nonostante le pendenze prescritte dal progetto, si verificassero ristagni d'acqua, vi si deve ovviare colmando con materiale di riporto le lievi depressioni che dovessero determinare tali ristagni.

È a cura e spesa dell'Impresa il trasporto a rifiuto di tutto il materiale di scarto.
Gli oneri relativi al campo prova, al carico, al trasporto, alla miscelazione, alla messa in opera ed alle relative prove di controllo dei materiali sono a cura e spese dell'Impresa che eseguirà l'impermeabilizzazione argillosa.
Non vengono compensati con voci di elenco prezzi, quindi l'Impresa deve tenerne conto nella formulazione dei prezzi relativi alle opere di progetto.

2.6.2 *Provenienza del materiale*

Il materiale argilloso deve provenire dalla cava scelta dall'Impresa e sul quale sono state precedentemente eseguite le prove di qualificazione.

2.7 Modifiche delle modalità di posa dello strato minerale

Le procedure di stesa, compattazione nonché di umidificazione, indicate nelle apposite specifiche dedicate a ciascuna lavorazione o concordate con la Direzione Lavori preventivamente alle operazioni di posa, possono essere variate dalla stessa Direzione Lavori in corso d'opera.
In ogni caso, se le prove di controllo effettuate in sito presso il campo prova non risultassero soddisfacenti, l'Impresa deve ripetere, a sua cura e spese, il campo prova e le relative prove, fino alla messa a punto di una metodologia di posa che permetterà di ottenere i risultati richiesti.

2.8 Stesura del materiale dello strato impermeabile

2.8.1 *Norme generali*

Nell'esecuzione delle operazioni di stesura del materiale, l'Impresa deve attenersi alle norme, leggi e regolamenti vigenti all'atto del lavoro.
Inoltre deve in ogni caso predisporre tutti gli accorgimenti necessari per assicurare l'incolumità degli operai, la perfetta riuscita dell'opera ed il rispetto dei tempi di esecuzione previsti dai programmi.
I mezzi meccanici predisposti per il lavoro devono essere ben proporzionati all'opera da eseguire ed essere dotati di una sufficiente riserva, atta a garantire la continuità e regolarità del lavoro.

Allorché, in corso di lavoro, gli impianti di cantiere risultino praticamente deficienti e comunque non rispondano alle esigenze dei lavori, l'Impresa è tenuta ad aumentarli, a modificarli e, se necessario, a sostituirli totalmente e ciò a sua cura e spese senza che Ella possa invocare, a scarico di responsabilità, l'approvazione data e le eventuali modifiche suggerite dalla Direzione Lavori, né pretendere compensi e/o indennità di sorta oltre ai prezzi di contratto.
Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di stesura del materiale con altre attività previste in cantiere, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.
Oltre all'osservanza delle prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori, l'Impresa deve prendere, di sua iniziativa, tutte le disposizioni necessarie atte ad assicurare il buon andamento dei lavori, in modo che, ad opere compiuta, la superficie stesa e compattata risponda con perfetta esattezza al tracciato ed alle pendenze richieste dagli elaborati progettuali, e presenti un'accurata lavorazione, elemento indispensabile per la sua funzionalità.

2.8.2 *Programma di stesura del materiale*

Prima dell'esecuzione l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori una relazione dettagliata in cui indica i mezzi e le modalità di esecuzione dei lavori nonché il cronoprogramma dettagliato delle opere con gli avanzamenti previsti in accordo con le richieste della Committente. Nell'esecuzione l'Impresa deve attenersi a tale programma, previamente approvato dalla Direzione Lavori.
È facoltà della Direzione Lavori disporre variazioni a tale programma, prima dell'inizio dei lavori e/o nel corso di essi.
Resta, in ogni caso, stabilito che il sistema dettato, ed in special modo la successione delle varie fasi di lavoro, deve essere rispondente alle migliori norme di esecuzione per lavori del genere, in relazione alle caratteristiche dei materiali utilizzati e al tempo stabilito per l'utilizzazione di tutte le opere connesse.

L'Impresa, tenuto conto del tempo concesso per l'esecuzione dei lavori, deve dare dimostrazione che i predisposti mezzi d'opera in genere sono largamente proporzionati per la razionale esecuzione dei lavori.

2.8.3 *Smaltimento provvisorio delle acque meteoriche*

Al fine di smaltire le acque piovane, sia dalla superficie dello strato impermeabile in formazione che dal piano di posa del medesimo, nell'intervallo di tempo precedente alla stesura degli strati successivi, devono essere realizzate canalette di raccolta perimetrali in modo tale da evitare ristagni o infiltrazioni oppure punti di raccolta dotati di elettropompe per l'allontanamento delle acque nel reticolo superficiale dell'impianto.

2.8.4 *Approvazione*

Il materiale di impermeabilizzazione può essere steso solo previa approvazione della superficie di imposta o dello strato precedente da parte della Direzione Lavori, in base alle prove di controllo descritte precedentemente eseguite dall'Impresa o facendone eseguire altre sempre a cura e spese dell'Impresa.

2.8.5 *Operazioni di stesura*

In linea di principio, ogni strato deve essere steso sulla massima superficie possibile compatibile con le lavorazioni, prima che inizi la compattazione.
La dimensione delle zolle di materiale di riporto non deve essere maggiore di 3 cm.
Ogni strato deve essere steso in modo uniforme affinché risulti, dopo la compattazione, uno spessore inferiore o uguale a 20 cm, oppure un eventuale spessore minore precisato dalla Direzione Lavori e resosi necessario per ottenere il grado di compattazione e la permeabilità richiesti.

2.8.6 *Umidificazione*

Il materiale in opera, pronto per la compattazione, deve avere un contenuto d'acqua, come precisato precedentemente entro i limiti prefissati, definiti in fase di qualificazione del materiale.
A tale scopo l'Impresa deve provvedere ad aerare il terreno per asciugarlo o ad inumidirlo a secondo delle necessità.

2.8.7 *Condizioni climatiche*

Eventuali integrazioni del contenuto d'acqua devono essere definite tenendo conto delle condizioni atmosferiche, per evitare l'essiccamento dello strato appena messo in opera fino alla stesura di quello successivo.

In caso di pioggia in cantiere devono essere tenuti mezzi idonei che consentano di chiudere la superficie dello strato in lavorazione. Alla ripresa del lavoro la stessa superficie deve essere convenientemente erpicata provvedendo a rimuovere lo strato superficiale rammollito oppure tale materiale viene fatto essiccare in loco (se le condizioni climatiche lo consentono) fino ad ottenere il contenuto d'acqua previsto.

2.8.8 *Tolleranze plano-altimetriche*

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- tolleranza altimetrica: ±10 cm rispetto alla quota di progetto;
- tolleranza planimetrica: ± 25 cm rispetto all'ubicazione di progetto delle linee di posa.
- Tali valori non sono validi per i pozzetti e le tracce ove verranno realizzati i pozzi di estrazione del percolato, per i quali si prevedono le seguenti tolleranze:
- tolleranza altimetrica: ± 5 cm rispetto alla quota di progetto;
- tolleranza planimetrica: ± 10 cm rispetto all'ubicazione di progetto delle linee di posa.
- Nel caso in cui non vengano rispettate le tolleranze plano-altimetriche, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al riporto e al costipamento (compreso l'onere della fornitura) di materiale idoneo.
- Il rilievo consentirà alla Direzione Lavori il controllo della superficie e il computo del volume dell'argine.

2.8.9 *Protezione dello strato completato*

Lo strato deve essere mantenuto in condizioni ottimali, in particolare evitando fessurazioni dovute alle condizioni climatiche o altro tipo di danneggiamento fino alla copertura con gli ulteriori strati di impermeabilizzazione previsti.
Tali attività di mantenimento (bagnatura, temporanea, etc.) sono a totale cura e spese dell'Impresa, le cui modalità devono essere concordate con la Direzione Lavori.

2.9 Mezzi di compattazione

Si devono impiegare rulli statici del tipo "a piede di pecora" e/o "a piastra" con peso non inferiore a 10 t (5 t per metro lineare di tamburo).

2.9.1 *Prescrizioni limite*

Le prescrizioni di cui sotto sono delle richieste minime. Il numero di passate del rullo e lo spessore degli strati deve essere determinato all'inizio dei lavori di compattazione mediante campo prova e verificato in base ai risultati conseguiti nel corso del lavoro; qualora le prove di densità in sito, eseguite a tale momento, provassero l'impossibilità di raggiungere la densità specificata con le prescrizioni limite, il numero di passate richiesto deve essere maggiore o lo spessore degli strati inferiore.
Non viene concesso alcun pagamento extra all'Impresa per il suo adeguamento a prescrizioni più restrittive di quelle limite.

Tipo di strato	Numero di passate minimo
Strati impermeabilizzanti di spessore massimo 20 cm	6

2.9.2 *Operazioni di compattazione*

I rulli compattanti devono operare in maniera sistematica, su strisce parallele le più lunghe possibili, con una sovrapposizione non inferiore a 20 cm.
La velocità operativa dei rulli non deve superare 4 km/h.
Le operazioni di compattazione devono essere dirette da un capo squadra competente. È a sua cura la compilazione dei rapportini di cui al Paragrafo 2.11.

2.10 Prove di controllo da effettuarsi in fase di stesura dello strato minerale

2.10.1 *Prove di controllo prima della compattazione*

Dopo la stesa del materiale viene richiesta l'esecuzione delle seguenti prove con la frequenza indicata:

- controllo dimensione delle zolle ogni 500 m^3 di materiale steso;
- controllo periodico del contenuto d'acqua del materiale (ASTM D2216) ogni 500 m^3 per dare indicazioni all'Impresa per l'umidificazione o l'areazione del materiale.

Tale controllo può essere richiesto dalla Direzione Lavori con frequenza giornaliera se le operazioni di compattazione non sono condotte in un tempo ragionevolmente ristretto dopo la fornitura del materiale tale che le condizioni atmosferiche alterino il grado di umidità dello stesso.
I valori di riferimento per le prove citate in precedenza sono:

- dimensione massima delle zolle: 3 cm;

- contenuto d'acqua: compreso nel campo di variazione definito dalle prove di qualificazione del materiale.

2.10.2 *Prove di controllo dopo la compattazione*

Dopo la compattazione del materiale viene richiesta l'esecuzione delle seguenti prove con la frequenza indicata:

Prove da effettuarsi in sito

- misurazione dello spessore degli strati e verifica dell'avvenuta compenetrazione degli stessi: minimo n 4 prove per ogni 10.000 m^3 di materiale minerale posato;
- determinazione della densità (ASTM D1556 –metodo della sabbia calibrata, ASTM D2167 – volunometro a membrana) e del contenuto d'acqua (ASTM D2216): minimo n 4 prove per ogni 10.000 m^3 di materiale minerale posato.

Le piccole cavità derivanti dall'asporto di materiale per le prove di densità (nel caso si utilizzi il metodo della sabbia calibrata) devono essere accuratamente liberate dalla sabbia calibrata usata per la prova, ed intasate con argilla compattata manualmente.

Prove da effettuarsi in laboratorio

Prelievo dei campioni cubici da sottoporre alle seguenti prove:

- n. 1 prova di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D18130) effettuata con gradiente idraulico i pari a 30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2, per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato (10.000 m^3 di materiale posato per la copertura finale), in corrispondenza delle prove di densità effettuate in sito;
- n. 1 prova di compressione edometrica (ASTM D2435) con determinazione diretta del grado di permeabilità a varie pressioni di confinamento per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato (10.000 m^3 di materiale posato per la copertura finale);
- n.1 prova di compressione triassiale UU (ASTM D2850) e CID (AGI 1994) alternativamente per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato (10.000 m^3 di materiale posato per la copertura finale);
- n.1 prova di taglio (ASTM D3080) su campioni provenienti dalle scarpate per ogni 5.000 m3 di materiale minerale posato (10.000 m^3 di materiale posato per la copertura finale).

Inoltre per ogni prova meccanica di cui sopra devono essere effettuate:

- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422);

- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318).

I risultati delle prove devono essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiscono parte integrante per l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.
L'Impresa deve eseguire le prove in sito e di laboratorio in base alle procedure standard citate in precedenza ed alla frequenza richiesta, avvertendo sempre la Direzione Lavori quando avranno luogo le attività in sito in modo tale da consentirle di assistere.
La Direzione Lavori può richiedere, durante il lavoro, una frequenza maggiore delle analisi per un periodo di tempo ritenuto necessario per garantire la qualità della compattazione.
Si richiede la presenza di un laboratorio da campo in sito per l'esecuzione delle prove sul materiale messo in opera dopo la compattazione.

2.10.3 *Valori di riferimento*

Il materiale compattato in sito per la realizzazione del fondo e dell'argine perimetrale deve avere le seguenti caratteristiche:

- permeabilità in laboratorio: $K \leq 5 \cdot 10^{-8}$ cm/s effettuate su campioni prelevati in sito o altro valore maggiore;
- permeabilità in sito: $K \leq \cdot 10^{-7}$ cm/s;
- coesione non drenata: cu ≥ 0,8 kg/cm^2;
- densità: ≥ 95% della densità ottimale del Proctor Standard;
- spessore minimo dello strato: > 0,5 m, riferito alle quote as-built del piano di posa, con variazioni ammesse in eccedenza di +10 cm (+5 cm nei pozzetti).

Tali limiti consentono di ottenere i requisiti di permeabilità e di resistenza richiesti nonché di impedire fessurazioni legate all'essiccazione del materiale steso in opera che potrebbero verificarsi anche adottando tutte le cautele descritte nei successivi capitoli.
Il materiale compattato deve anche verificare le ipotesi fatte ed i parametri assunti per le verifiche di stabilità sia in fase di costruzione che di coltivazione.

2.11 Rapportini

È a cura dell'Impresa compilare i seguenti rapportini, copia dei quali dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori:

Frequenza giornaliera

- rapportini di stesura e di compattazione indicante data, inizio e termine delle operazioni di stesura e di compattazione, quota ed area delle zone in cui è stato steso del materiale ed in cui è stata effettuata la compattazione, volume di materiale compattato con indicazione del relativo numero di passaggi di rullo, temperatura massima e minima durante le operazioni di stesura;
- numero ed ubicazione planimetrica ed altimetrica delle prove di controllo eseguite durante la giornata.

Frequenza settimanale

Risultati delle prove di laboratorio e in sito.

Al termine della stesura dello strato minerale

Rapportino indicante:

- ubicazione del campo prova;
- dimensioni planimetriche, numero e spessore degli strati (indicando sia lo spessore del materiale sciolto che lo spessore finale compattato);
- metodo di compattazione impiegato (tipo e caratteristiche del rullo impiegato, numero dei passaggi del rullo e relativa velocità, umidità del materiale immediatamente prima dell'inizio della compattazione);
- risultati di tutte le prove in sito e di laboratorio effettuate su ciascuno strato con indicazione della ubicazione planimetrica del punto di prova o di prelievo.

2.12 Verifica finale

Al termine dei lavori l'Impresa deve essere effettuato, a cura e spese dell'Impresa, la verifica topografica dello spessore finale dello strato minerale impermeabile.
Tale verifica deve essere rappresentata tramite opportune planimetrie e sezioni quotate firmate da un tecnico abilitato.

ARGILLA DI COPERTURA

2.13 Caratteristiche del materiale

2.13.1 *Composizione*

Il materiale sarà costituito da argilla con granulometria nei limiti di Tabella B.1.

	Vaglio ASTM N.				**Dimensioni dei grani**
	4	40	80	200	< 0.002 mm
	Percentuale passante				
Limite superiore	100	100	100	100	60
Limite inferiore	90	80	60	40	20

Tabella 2.2: Granulometria ammissibile per il materiale minerale

I limiti di Atterberg dovranno rispettare i valori seguenti:

- limite liquido: LL > 25%;
- indice di plasticità: 10% < IP <45%.

Il materiale dovrà essere tale che, compattato secondo le prescrizioni di cui nei paragrafi seguenti, risulti avere le caratteristiche prescritte.

Inoltre dovrà essere privo di qualsiasi materia estranea quale terreno organico, piante, materiale di discarica e di qualsiasi altro tipo non idoneo alla costruzione dello strato.

È escluso l'impiego di materiale proveniente dal lavaggio degli inerti.

2.14 Provenienza del materiale

2.14.1 *Provenienza*

Il materiale naturale dovrà provenire da una o più cave di prestito proposte dall'Appaltatore ed approvate dalla Direzione Lavori.

Per ogni zona di provenienza del materiale naturale, l'Appaltatore dovrà eseguire un adeguato numero di sondaggi (almeno un sondaggio o pozzetto ogni 10.000 m^3), avvertendo la Direzione Lavori sulla data di esecuzione in modo da consentire di assistere e fornendo la documentazione comprovante l'esecuzione degli stessi (stratigrafie, fotografie, relazione).

È compito dell'Appaltatore prelevare campioni nel corso dei sondaggi e/o dei pozzetti e fornire, tramite le prove di qualificazione elencate al Paragrafo C.3, gli elementi necessari per l'approvazione del materiale naturale. I risultati delle prove effettuate dovranno essere messi a disposizione della Committente e della Direzione Lavori, che si riserveranno di esprimere il parere favorevole o contrario entro 15 giorni, prima dell'inizio del trasporto del materiale in cantiere.

2.14.2 *Cave di prestito e fornitura*

2.14.2.1 Apertura e/o sfruttamento di cave di prestito

Lo sfruttamento della cava di prestito e/o l'apertura di una nuova cava è a totale cura e spese dell'Appaltatore, che:

- si assumerà tutti gli oneri relativi alla predisposizione e alla presentazione agli uffici competenti, nonché alla richiesta e all'ottenimento delle relative autorizzazioni;
- dovrà corrispondere le relative indennità ai proprietari delle cave;
- dovrà provvedere al sicuro e facile deflusso delle acque che si dovessero raccogliere nelle cave stesse, evitando ristagni e danni alle proprietà circostanti;
- dovrà sistemare convenientemente le scarpate, in osservanza anche alla normativa vigente.

Le cave di prestito 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.

2.14.2.2 Depositi intermedi di accumulo del materiale di cava

Se il recapito al cantiere di materiale per i riporti dovesse procedere ad un ritmo più veloce della sua messa in opera, l'Appaltatore potrà formare, su opportune aree assegnatele dalla Direzione Lavori o dalla Committente in cantiere, depositi intermedi di accumulo di materiale.

2.14.3 *Prove di qualificazione argilla*

Per ogni campione di materiale naturale prelevato, l'Appaltatore dovrà fornire le seguenti prove, necessarie per l'accettazione dello stesso:

- n. 1 misurazione dell'umidità naturale (in cava) (ASTM D2216);
- n. 1 analisi mineralogica;
- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422);
- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318);
- n. 1 prova di compattazione con il metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità (curve di compattazione);
- n. 1 prova di compattazione con il metodo ASTM Modificato – metodo Proctor (ASTM D1557) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità (curve di compattazione);
- n. 3 prove di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) a diversi contenuti d'acqua, tutte effettuate con gradiente idraulico i=30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 (25 kPa);
- n. 3 prove di permeabilità sul materiale compattato con metodo ASTM Modificato – metodo Proctor (ASTM D1557) a diversi contenuti d'acqua, tutte effettuate con gradiente idraulico i=30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 (25 kPa).

I risultati delle prove dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiranno parte integrante della documentazione necessaria ad ottenere l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.

2.14.4 *Miscela argilla-cemento*

Per quanto riguarda l'argilla da addizionare con cemento si dovrà scegliere il dosaggio di cemento entro il campo di variazione del 5÷10% in peso.

Definita la quantità di cemento tramite prove di qualificazione, sulla miscela definitiva si eseguiranno le seguenti prove:

- n. 3 curve di compattazione: Proctor Modificato, Proctor Standard e Proctor "ridotto" (*) con determinazione del contenuto d'acqua "ottimo" e della relativa densità;

(*) *energia di compattazione pari a quella del Proctor Standard con 15 colpi anziché 25*

- n. 3 prove di permeabilità e n. 3 prove triassiali non consolidate non drenate (UU) su provino ricostituito compattato con energia del Proctor Standard e contenuto d'acqua 'Ottimo' oppure concordato con la D.L. a 14, 28 gg, e 2 mesi o a maturazione avvenuta;
- n. 6 prove di permeabilità in laboratorio effettuate sul materiale, compattato con energia del Proctor Modificato, Standard e "ridotto" e vari contenuti d'acqua a maturazione avvenuta, effettuate con gradiente di i=30 e con pressione di confinamento efficace di 0.25 kg/cm^2;
- n. 6 prove triassiali non consolidate non drenate (UU) effettuate su provini ricostituiti compattati con energie e contenuto d'acqua variabile a maturazione avvenuta;
- n. 3 prove di taglio diretto effettuate su provino ricostituito compattato con energia del Proctor Standard e contenuto d'acqua 'Ottimo', oppure concordate con la D.L., a 14, 28 gg e 2 mesi o a maturazione avvenuta per la determinazione dei parametri di resistenza drenati c′ e ϕ′;
- n.2 prove di permeabilità-diffusione su provino ricostruito con le modalità scelte dalla D.L. a maturazione avvenuta utilizzando come liquido percolato artificiale.

2.15 Posa in opera dello strato minerale

2.15.1 *Piano di posa*

Il piano di posa appositamente preparato dovrà essere mantenuto in condizioni ottimali dall'Appaltatore fino all'inizio delle operazioni di stesura dello strato argilloso.
In particolare, si dovrà evitare che le acque meteoriche si raccolgano su tale superficie. L'Appaltatore dovrà evitare nel modo più assoluto il formarsi di pozze d'acqua piovana prima di iniziare la stesura dello strato impermeabile sulla superficie predisposta; se, nonostante le pendenze prescritte dal progetto, si verificassero ristagni d'acqua, vi si dovrà ovviare colmando con materiale di riporto le lievi depressioni che dovessero determinare tali ristagni.
È a cura e spesa dell'Appaltatore il trasporto a rifiuto di tutto il materiale di scarto, che non sarà compensato con voci di elenco prezzi; l'Appaltatore dovrà quindi tenerne conto nella formulazione dei prezzi.

2.15.2 *Campo prova*

L'Appaltatore, d'accordo con la Committente, individuerà sulla superficie di posa della barriera minerale un'area avente le dimensioni seguenti:

- larghezza (misurata perpendicolarmente alla direzione di compattazione del rullo) maggiore o uguale di 7 m e comunque di 3 volte superiore alla larghezza del rullo compattatore;
- lunghezza (misurata nella direzione di compattazione del rullo) maggiore o uguale di 15 m, comunque tale da permettere la compattazione; si precisa che la lunghezza netta, non interessata dalle manovre del rullo, dovrà essere di almeno 8 m;
- area di prova centrale: 4x8 m rispettivamente in direzione perpendicolare e parallela alla direzione di compattazione del rullo.

Tale area sarà sede del campo prova, che sarà propedeutico alla stesura del materiale minerale e consentirà la taratura delle procedure di posa in opera.
Gli oneri relativi al campo prova, al carico, al trasporto, alla messa in opera ed alle relative prove di controllo dei materiali sono a cura e spese dell'Appaltatore.

2.15.2.1 Provenienza del materiale

Il materiale argilloso dovrà provenire dalla cava scelta dall'Appaltatore e sul quale sono state precedentemente eseguite le prove di qualificazione.

2.15.2.2 Prove da effettuarsi nel campo prova

Le prove di controllo in sito, da eseguire nel campo prova a spese e cura dell'Appaltatore, sono le seguenti:

- n. 2 prove di densità (ASTM D1556 –metodo della sabbia calibrata, ASTM D2167 – volumometro a membrana):
- n. 2 prove di permeabilità con permeametro di Boutwell (ASTM D6391);
- n. 1 prova di permeabilità con infiltrometro a doppio anello sigillato (ASTM D5093), a richiesta della D.L.

I risultati delle prove, unitamente ad una relazione che indichi le modalità di posa (fresatura, passate rullo, bagnatura), dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiranno parte integrante della documentazione inerente le procedura di posa.

2.15.2.3 Modifiche alle modalità di posa dello strato minerale

Le procedure di stesura, compattazione ed umidificazione indicate nelle relazione precedentemente citata o preventivamente concordate con la Direzione Lavori potranno essere variate dalla stessa Direzione Lavori in corso d'opera.
Qualora le prove di controllo previste non avessero fornito risultati soddisfacenti (densità ≥ 95% della densità ottimale della prova Proctor Standard, permeabilità ≤ $1x10^{-6}$ cm/s), a sua cura e spese l'Appaltatore ripeterà il campo prova e le relative prove, fino alla messa a punto di una metodologia di posa tale da permettere il conseguimento degli obiettivi.

2.15.3 *Stesura del materiale*

2.15.3.1 Prove di controllo sul materiale approvvigionato

Prima della stesura, l'Appaltatore deve prelevare campioni di materiale naturale portato in cantiere e/o accumulato temporaneamente perché siano eseguite, a sua cura e spese, prove di controllo con frequenza indicata di seguito:

- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422) ogni 1.000 m^3 di materiale;
- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318) ogni 1.000 m^3 di materiale;
- n.1 prova di compattazione con il metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698) per la determinazione dei valori ottimali di umidità in funzione della densità ogni 2.500 m^3 per i primi 10.000 m^3 di materiale; poi, se proveniente dalla stessa cava, n. 1 prova ogni 5.000 m^3.

Le caratteristiche di compattazione saranno successivamente confrontate con i risultati delle prove di controllo da effettuare sul materiale compattato.

I risultati delle prove sul materiale approvvigionato saranno consegnati alla Direzione Lavori e costituiranno parte integrante della documentazione necessaria ad ottenere l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.
Il prelievo dei campioni, le analisi, l'approvazione della Direzione Lavori e la successiva compattazione dovrà avvenire in un arco di tempo ragionevolmente ristretto e comunque tale da far sì che le condizioni atmosferiche non alterino il grado di umidità del materiale. In caso negativo non si potrà procedere alla compattazione, ma dovranno essere presi provvedimenti tali da riportare il materiale al grado di umidità voluto e che le verifiche diano esito positivo.

La Direzione Lavori si riserva di chiedere una frequenza maggiore di prove nel caso in cui il materiale risulti poco omogeneo.
La Direzione Lavori dovrà essere avvertita quando avverranno tali prelievi, in modo da potervi assistere.
Inoltre è richiesta la presenza in sito di un laboratorio da campo per l'esecuzione di prove di controllo sul materiale approvvigionato e della taratura delle procedure di posa in opera dello strato minerale.

2.15.3.2 Norme generali

Nell'esecuzione delle operazioni di stesura del materiale l'Appaltatore dovrà attenersi a norme, leggi e regolamenti vigenti all'atto del lavoro.
Inoltre dovrà in ogni caso mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari per assicurare l'incolumità degli operai, la perfetta riuscita dell'opera ed il rispetto dei tempi di esecuzione previsti dai programmi.
I mezzi meccanici predisposti per il lavoro dovranno essere ben proporzionati all'opera da eseguire ed essere dotati di una sufficiente riserva, atta a garantire la continuità e regolarità del lavoro.
Allorché, in corso d'opera, gli impianti di cantiere risultino praticamente deficienti e comunque non rispondano alle esigenze dei lavori, l'Appaltatore è tenuto ad aumentarli, a modificarli e, se necessario, a sostituirli totalmente e ciò a sua cura e spese senza che possa invocare, a scarico di responsabilità, l'approvazione data e le eventuali modifiche suggerite dalla Direzione Lavori, né pretendere compensi e/o indennità di sorta oltre ai prezzi di contratto.
Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Appaltatore è tenuto a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di stesura del materiale con altre attività previste in cantiere, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.
Oltre all'osservanza delle prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà prendere, di sua iniziativa, tutte le disposizioni necessarie atte ad assicurare il buon andamento dei lavori, in modo che, ad opere compiuta, la superficie stesa e compattata risponda con perfetta esattezza al tracciato ed alle pendenze richieste dagli elaborati progettuali, e presenti un'accurata lavorazione, elemento indispensabile per la sua funzionalità.

2.15.3.3 Programma di stesura del materiale

Prima dell'esecuzione l'Appaltatore presenterà alla Direzione Lavori una relazione dettagliata in cui siano indicati i mezzi e le modalità di esecuzione dei lavori nonché il cronoprogramma dettagliato delle opere con gli avanzamenti previsti in accordo con le richieste della Committente. Nell'esecuzione l'Appaltatore si dovrà attenere a tale programma, previamente approvato dalla Direzione Lavori.
È facoltà della Direzione Lavori disporre variazioni al programma, prima dell'inizio dei lavori e/o nel corso di essi.
Resta in ogni caso stabilito che il sistema dettato, ed in modo speciale la successione delle varie fasi di lavoro, dovrà essere rispondente alle migliori norme di esecuzione per lavori del genere, in relazione alle caratteristiche dei materiali utilizzati e al tempo stabilito per l'utilizzazione di tutte le opere connesse.
L'Appaltatore, tenuto conto del tempo concesso per l'esecuzione dei lavori, dovrà dare dimostrazione che i mezzi d'opera predisposti in genere sono largamente proporzionati per la razionale esecuzione dei lavori.

2.15.3.4 Smaltimento provvisorio delle acque meteoriche

Al fine di smaltire le acque piovane, sia dalla superficie dello strato impermeabile in formazione sia dal piano di posa del medesimo, nell'intervallo di tempo precedente alla stesura degli strati successivi, dovranno essere realizzate canalette di raccolta perimetrali in modo tale da evitare ristagni o infiltrazioni, oppure punti di raccolta dotati di elettropompe per l'allontanamento delle acque nel reticolo superficiale dell'impianto.

2.15.3.5 Approvazione

Il materiale minerale potrà essere steso solo previa approvazione della superficie di imposta o dello strato precedente da parte della Direzione Lavori, in base all'esito delle prove di controllo.

2.15.3.6 Operazioni di stesura

In linea di principio, ogni strato dovrà essere steso sulla massima superficie possibile compatibile con le lavorazioni, prima che inizi la compattazione.
La dimensione delle zolle di materiale di riporto non dovrà essere maggiore di 3 cm.
Ogni strato dovrà essere steso in modo uniforme affinché risulti, dopo la compattazione, uno spessore non superiore a 20 cm o eventualmente ad altro valore inferiore a questo,

come precisato dalla Direzione Lavori al fine di ottenere grado di compattazione e permeabilità richiesti.

2.15.3.7 Umidificazione

Il materiale in opera, pronto per la compattazione, dovrà avere contenuto d'acqua entro i limiti prefissati in fase di qualificazione del materiale.
A tale scopo l'Appaltatore dovrà provvedere ad aerare il terreno, per asciugarlo, o ad inumidirlo a secondo delle necessità.

2.15.3.8 Condizioni climatiche

Eventuali integrazioni del contenuto d'acqua dovranno essere definite tenendo conto delle condizioni atmosferiche, per evitare l'essiccamento dello strato appena messo in opera fino alla stesura di quello successivo.
In caso di pioggia, in cantiere dovranno essere presenti mezzi idonei a chiudere la superficie dello strato in lavorazione. Alla ripresa del lavoro, la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata, provvedendo a rimuovere lo strato superficiale rammollito; alternativamente, se le condizioni climatiche lo consentiranno, il materiale sarà fatto essiccare in loco fino ad ottenere il contenuto d'acqua previsto.

2.15.3.9 Tolleranze plano – altimetriche

Saranno ammesse le tolleranze seguenti:

- tolleranza altimetrica: ±10 cm rispetto alla quota di progetto;
- tolleranza planimetrica: ± 25 cm rispetto all'ubicazione di progetto delle linee di posa.

Nel caso in cui non vengano rispettate le tolleranze plano-altimetriche, a sua cura e spese l'Appaltatore dovrà provvedere al riporto e al costipamento (compreso l'onere della fornitura) di materiale idoneo.
Il rilievo consentirà alla Direzione Lavori il controllo della superficie e il computo del volume di materiale utilizzato.

2.15.3.10 Protezione dello strato completato

Lo strato dovrà essere mantenuto in condizioni ottimali, in particolare evitando fessurazioni dovute alle condizioni climatiche o altro tipo di danneggiamento fino alla copertura con gli ulteriori strati di impermeabilizzazione previsti.

Le attività di mantenimento (bagnatura temporanea, etc.) sono a totale cura e spese dell'Appaltatore, che dovrà concordare le modalità di esecuzione con la Direzione Lavori.

2.15.3.11 Mezzi di compattazione

Dovranno essere impiegati rulli statici del tipo "a piede di pecora" e/o "a piastra" con peso non inferiore a 15 t (5 t per metro lineare di tamburo).

Prescrizioni limite

Le prescrizioni qui indicate sono da considerarsi richieste minime. Numero di passate del rullo e spessore degli strati dovranno essere determinati mediante il campo prova già descritto e verificati in base ai risultati conseguiti nel corso del lavoro; qualora le prove di densità in sito, eseguite a tale momento, provassero l'impossibilità di raggiungere la densità specificata con le prescrizioni limite, il numero di passate richiesto dovrà essere maggiore o lo spessore degli strati inferiore.

Non sarà concesso alcun pagamento extra all'Appaltatore per il suo adeguamento a prescrizioni più restrittive di quelle limite.

TIPO DI STRATO	NUMERO DI PASSATE MINIMO
Strati impermeabilizzanti di spessore massimo 20 cm	6

Operazioni di compattazione

I rulli compattanti dovranno operare in maniera sistematica, su strisce parallele che siano le più lunghe possibili, con sovrapposizione non inferiore a 20 cm.
La velocità operativa dei rulli non dovrà superare 4 km/h.
Le operazioni di compattazione dovranno essere dirette da un capo squadra competente, che curerà la compilazione dei rapportini di cui al par. D.4.4.

2.15.4 *Controlli in corso d'opera*

2.15.4.1 Prove di controllo prima della compattazione

Dopo la stesa del materiale è richiesta l'esecuzione delle seguenti prove alla frequenza indicata:

- controllo dimensione delle zolle ogni 1.000 m3 di materiale steso;

- controllo periodico del contenuto d'acqua del materiale (ASTM D2216) ogni 1.000 m3 per dare indicazioni all'Appaltatore circa la necessità di umidificare o aerare il materiale.

I controlli potranno essere richiesti dalla Direzione Lavori con frequenza giornaliera se le operazioni di compattazione non saranno condotte in un tempo ragionevolmente ristretto dopo la fornitura del materiale e tale che le condizioni atmosferiche abbiano potuto alterare il grado di umidità dello stesso.

I valori di riferimento per le prove citate in precedenza sono:

- dimensione massima delle zolle: 3 cm;
- contenuto d'acqua: compreso nel campo di variazione definito dalle prove di qualificazione del materiale.

2.15.4.2 Prove di controllo dopo la compattazione

Le prove, da eseguire in sito e in laboratorio alla frequenza indicata, sono qui di seguito indicate.

Prove in sito

Sono richieste:

- misurazione dello spessore degli strati e verifica dell'avvenuta compenetrazione degli stessi: minimo n. 4 prove per ogni 10.000 m^2 di materiale minerale posato;
- prove di permeabilità in sito: almeno 2 prove con permeametro Boutwell ogni 10.000 m^2;
- determinazione della densità (ASTM D1556 –metodo della sabbia calibrata, ASTM D2167 – volumometro a membrana) e del contenuto d'acqua (ASTM D2216): minimo n. 3 prove per ogni 10.000 m^2 di materiale minerale posato.

Le piccole cavità derivanti dall'asporto di materiale per le prove di densità (nel caso si utilizzi il metodo della sabbia calibrata) dovranno essere accuratamente liberate dalla sabbia calibrata usata per la prova ed intasate con argilla compattata manualmente.

Prove in laboratorio

Si preleveranno campioni cubici da sottoporre alle seguenti prove:

- n. 1 prova di permeabilità sul materiale effettuata con gradiente idraulico i=30 e pressione di confinamento efficace pari a 0.25 kg/cm^2 (25 kPa), per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato, in corrispondenza delle prove di densità effettuate in sito;

- n. 1 prova di compressione edometrica (ASTM D2435) con determinazione diretta del grado di permeabilità a varie pressioni di confinamento per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato;
- n.1 prova di compressione triassiale UU (ASTM D2850) e CID (AGI 1994) alternativamente per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato;
- n.1 prova di taglio (ASTM D3080) per ogni 5.000 m^3 di materiale minerale posato.

Inoltre per ogni prova meccanica di cui sopra dovranno essere effettuate:

- n. 1 analisi granulometrica per sedimentazione con aerometro (ASTM D422);
- n.1 limiti di Atterberg (ASTM D4318).

I risultati delle prove dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori e costituiranno parte integrante della documentazione necessaria ad ottenere l'approvazione degli strati di materiale messo in opera.

L'Appaltatore dovrà eseguire le prove in sito e di laboratorio in base alle procedure standard citate ed alla frequenza richiesta, avvertendo sempre la Direzione Lavori quando avranno luogo le attività in sito in modo tale da consentirle di assistere.

In corso d'opera, è facoltà della Direzione Lavori richiedere una frequenza di prove maggiore, per un periodo di tempo ritenuto necessario a garantire la qualità della compattazione.

Per l'esecuzione delle prove sul materiale messo in opera dopo la compattazione è richiesta la presenza di un laboratorio da campo in sito.

2.15.4.3 Valori di riferimento

Il materiale compattato in sito dovrà avere le caratteristiche seguenti:

- permeabilità in laboratorio: $k \leq 5x10^{-7}$ cm/s effettuate su campioni prelevati in sito;
- permeabilità in sito: $k \leq 1x10^{-6}$ cm/s;
- coesione non drenata: cu $\geq$ 0,6 kg/cm^2 (60 kPa) e compatibili con la stabilità della discarica, con valori non inferiori a quelli considerati nelle verifiche di progetto;
- densità: $\geq$ 95% della densità ottimale della prova Proctor Standard;
- parametri di resistenza a taglio: compatibili con la stabilità della copertura, con valori non inferiori a quelli considerati in progetto;
- spessore minimo dello strato: > 0,5 m, riferito alle quote 'as-built' del piano di posa, con variazioni ammesse in eccedenza di +10 cm.

I limiti indicati sono tali da consentire l'ottenimento dei requisiti di permeabilità e di resistenza richiesti, nonché di impedire fessurazioni legate all'essiccazione del materiale steso in opera, che potrebbero verificarsi anche adottando tutte le cautele descritte.

2.15.4.4 Rapportini

Sarà a cura dell'Appaltatore la compilazione dei rapportini giornalieri e settimanali, copia dei quali dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori.

Rapportini a frequenza giornaliera

Quotidianamente, saranno compilati rapportini in cui dovranno essere indicati:

- data, inizio e termine delle operazioni di stesura e di compattazione, quota ed area delle zone in cui è stato steso del materiale ed in cui è stata effettuata la compattazione, volume di materiale compattato con indicazione del relativo numero di passaggi di rullo, temperatura massima e minima durante le operazioni di stesura;
- numero ed ubicazione planimetrica ed altimetrica delle prove di controllo eseguite durante la giornata.

Rapportini a frequenza settimanale

Settimanalmente, saranno compilati rapportini in cui dovranno essere indicati:

- risultati delle prove in sito e in laboratorio.

Rapportino finale

Al termine della stesura dello strato minerale sarà compilato il rapportino finale, in cui si indicheranno:

- ubicazione del campo prova;
- dimensioni planimetriche, numero e spessore degli strati (riportando sia lo spessore del materiale sciolto sia lo spessore finale compattato);
- metodo di compattazione impiegato (tipo e caratteristiche del rullo impiegato, numero dei passaggi del rullo e relativa velocità, umidità del materiale immediatamente prima dell'inizio della compattazione);
- risultati di tutte le prove in sito e di laboratorio effettuate su ciascuno strato, con indicazione della ubicazione planimetrica del punto di prova o di prelievo.

2.15.4.5 Verifica finale

Al termine dei lavori, a cura e spese dell'Appaltatore, dovrà essere effettuata la verifica topografica dello spessore finale dello strato minerale impermeabile.
Tale verifica dovrà essere rappresentata tramite opportune planimetrie e sezioni quotate firmate da un tecnico abilitato.

2.16 Normativa di riferimento

- ASTM D422 "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils"
- ASTM D698 "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort [12,400 ft-lbf/ft3 (600 kN-m/m3)]"
- ASTM D1556 "Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method"
- ASTM D1557 "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort [56,000 ft-lbf/ft3 (2,700 kN-m/m3)]"
- ASTM D2167 "Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method"
- ASTM D2216 "Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass"
- ASTM D2435 "Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading"
- ASTM D2850 "Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils"
- ASTM D3080 "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions"
- ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils"
- ASTM D5093 "Standard Test Method for Field Measurement of Infiltration Rate Using Double-Ring Infiltrometer with Sealed-Inner Ring"
- ASTM D6391 "Standard Test Method for Field Measurement of Hydraulic Conductivity Limits of Porous Materials Using Two Stages of Infiltration from a Borehole"
- AGI (1994) "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"

3 INERTI DI DRENAGGIO

3.1 Caratteristiche del materiale

Lo strato di materiale drenante deve essere costituito da materiale inerte rispondente ai seguenti requisiti:

- contenuto in fine (passante al vaglio 200 ASTM): < 5 %;
- dimensione granulometrica: 15÷32 mm;
- contenuto in carbonati: < 5 %;
- conducibilità idraulica: > $1x10^{-4}$ m/s.

Lo strato drenante deve risultare esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali.

3.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale

In fase di accettazione, le prove di controllo da effettuarsi sono almeno 1, e se la quantità supera i 10.000 m^3 di materiale posato, almeno 3 provenienti da punti diversi della cava e sono indicate di seguito:

- n.1 analisi granulometrica (ASTM D422):
- n.1 analisi di permeabilità (ASTM D5084);
- n.1 contenuto di carbonati (ASTM D4373).

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Impresa.

3.3 Controlli in corso d'opera

Le operazioni di posa devono essere eseguite adottando adeguate cautele per non danneggiare i geotessili di protezione ed il sottostante strato impermeabile.
In corso d'opera, le prove di controllo da effettuarsi sono indicate di seguito:

- n.1 analisi granulometrica (ASTM D422) per ogni 10.000 m^2 di materiale posato:
- n.1 prova di permeabilità (ASTM D5084) per ogni 10.000 m^2 di materiale posato;
- n.1 contenuto di carbonati (ASTM D4373) per ogni 10.000 m^2 di materiale posato.

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Impresa.

3.4 Normativa di riferimento

- ASTM D422 “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils”
- ASTM D4373 “Standard Test Method for Rapid Determination of Carbonate Content of Soils”
- ASTM D5084 “Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter”

4 GEOMEMBRANE IN HDPE

4.1 Caratteristiche generali

Le geomembrane omogenee in HDPE (Polietilene ad Alta Densità) che vengono impiegate all'interno della discarica in oggetto devono rispondere alle caratteristiche tecniche riportate Tabella 4.1, Tabella 4.2.

Inoltre devono essere:

- resistenti ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- resistenti alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabili da microrganismi, insetti e roditori;
- imputrescibili;
- resistenti all'invecchiamento;
- stabili ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Il materiale impiegato deve avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Aspetto delle superfici	-	-	Liscia
Contenuto in nero fumo (CB)	UNI 9556	%	≥ 2
Spessore (a 20 kPa)	UNI EN 1849-2	mm	≥ 2
Massa areica		g/m^2	≥1800
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	Kg/m^3	≥ 0,940
Sforzo di snervamento	UNI EN 12311-2	MPa	≥ 15 (L) ≥ 15 (T)
Deformazione a snervamento		%	≥ 9 (L) ≥ 9 (T)
Sforzo di rottura		MPa	≥ 25 (L) ≥ 25 (T)
Deformazione a rottura		%	≥ 500(L) ≥ 500 (T)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	kN	n.d.
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 5
Lunghezza del rotolo		m	≥ 100

Tabella 4.1 Caratteristiche minime della geomembrana in HDPE liscia di impermeabilizzazione delle pareti di fondo

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Aspetto delle superfici	-	-	Ad aderenza migliorata su entrambe
Contenuto in nero fumo (CB)	UNI 9556	%	≥ 2
Spessore (a 20 kPa)	UNI EN 1849-2	mm	≥ 2
Massa areica		g/m^2	≥1900
Massa volumica	UNI EN ISO 1183	Kg/m^3	≥ 0,940
Sforzo di snervamento	UNI EN 12311-2	MPa	≥ 15 (L) ≥ 15 (T)
Deformazione a snervamento		%	≥ 9 (L) ≥ 9 (T)
Sforzo di rottura		MPa	≥ 25 (L) ≥ 25 (T)
Deformazione a rottura		%	≥ 300 (L) ≥ 300 (T)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	kN	n.d.
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 5
Lunghezza del rotolo		m	≥ 100

Tabella 4.2 Caratteristiche minime della geomembrana in HDPE ad aderenza migliorata su entrambe le superfici di impermeabilizzazione del fondo

Normativa di riferimento

- UNI 9556:1990 "Materie plastiche. Materiali a base di poliolefine. Determinazione del contenuto di nero di carbonio (carbon black) per pirolisi";
- UNI EN 1849-2:2002 "Membrane flessibili per impermeabilizzazione. Determinazione dello spessore e della massa areica. Membrane di materiale plastico e di gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture";
- UNI EN ISO 1183-3:2001 "Materie plastiche. Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Metodo del picnometro a gas";
- UNI EN 12311-2:2002 "Membrane flessibili per impermeabilizzazione. Determinazione delle proprietà a trazione - Membrane di gomma e di materiale plastico per l'impermeabilizzazione di coperture";
- UNI EN ISO 12236:1999 "Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)";
- UNI EN ISO 10320:2002 "Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito";

4.2 Controlli di qualità in fabbrica

La geomembrana in HDPE deve essere priva di fori, rigonfiamenti, impurità o qualsiasi segno di contaminazione dovuto ad agenti esterni. Qualsiasi eventuale difetto deve essere riparato utilizzando la saldatura ad estrusione secondo quanto raccomandato dal Produttore, previo benestare della Direzione Lavori, altrimenti si deve procedere all'eliminazione della parte difettosa.
Ogni rotolo deve essere etichettato sulla testa del tamburo di avvolgimento con indicazioni dello spessore, della lunghezza, della larghezza e del numero di serie ben visibile attribuito dal Produttore.

Componenti vergini

Tutti gli ingredienti che concorrono a formare il materiale della geomembrana devono essere campionati all'arrivo in fabbrica per assicurarne la rispondenza alle specifiche.
Tale campionamento comprende un prelievo della parte alta ed uno della parte bassa da ogni contenitore.

Vanno eseguite prove per determinare la densità e l'indice di fluidità; inoltre si deve effettuare un'ispezione visiva per individuare eventuali contaminanti.

Materiale in rotoli

Il prodotto viene campionato almeno due volte per ogni turno di lavoro. I campioni vanno prelevati anche se non possono essere immediatamente sottoposti a prova.
Di norma il campionamento viene effettuato dal personale del Produttore, anche se in qualsiasi momento deve essere garantita alla Direzione Lavori la possibilità di prelevare campioni a proprio piacimento.
I campioni prelevati del materiale in produzione devono essere sottoposti a prove per assicurare la rispondenza alle specifiche. Il laboratorio del Produttore deve fornire giornalmente un certificato di controllo qualità riferito alla produzione della giornata. Copia dei certificati devono essere inviati alla Direzione Lavori.
Devono essere effettuate ispezioni visive del telo per controllare l'assenza di porosità, piccoli fori o altri difetti visibili.

Materiale di saldatura

Tutto il materiale di saldatura deve essere del tipo consigliato e fornito dal Produttore e deve essere recapitato in cantiere entro gli originali contenitori, chiusi ognuno con etichetta che riporti la marca, il numero di serie del Produttore, le modalità di conservazione ed immagazzinamento.
La composizione del materiale estruso deve essere identica a quella della geomembrana.

4.3 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale

4.3.1 *Referenze del produttore*

L'Impresa deve fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente le certificazioni del Produttore, le specifiche tecniche del materiale, i risultati di eventuali controlli di qualità ed il certificato di prova di ciascun rotolo, con particolare riferimento alle forniture per discariche di rifiuti ed è l'unica e la sola responsabile del prodotto approvvigionato.
Tale documentazione insieme ad un campione del materiale deve essere sottoposto alla Committente per accettazione, insieme ai documenti di gara.

4.3.2 *Referenze del posatore di teli*

L'impresa deve fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente i dettagli di proprie precedenti esperienze nella posa di geomembrane in HDPE insieme ai nominativi e "Curriculum Vitae" del personale qualificato che intende proporre per l'installazione dei teli.
Tale personale deve essere autorizzato dal Produttore alla posa di detto prodotto, e deve impiegare le attrezzature ed i sistemi di saldatura normalmente utilizzate dal Produttore stesso.

Inoltre tutte le macchine saldatrici che verranno impiegate in cantiere devono essere dotate delle apposite certificazioni di conformità e di collaudo.

4.3.3 *Ispezioni e prove*

L'Impresa deve consentire e fare in modo che la Direzione Lavori possa visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la produzione della geomembrana in HDPE.
La Direzione Lavori si riserva il diritto di chiedere campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio; ciò senza sollevare l'Impresa dalla responsabilità di campionare e provare secondo quanto prescritto in questa specifica.

4.3.4 *Istruzioni di fornitura, trasporto, stoccaggio e posa in opera*

L'Impresa deve ottenere dal Produttore, e quindi fornire alla Direzione Lavori per approvazione, una specifica completa per quanto riguarda la fornitura, il trasporto, lo stoccaggio, l'installazione e la saldatura dei teli in HDPE, in accordo con quanto indicato nel seguito; il tutto prima di confermare l'ordine della fornitura.
Il Produttore della geomembrana in HDPE deve fornire inoltre complete istruzioni scritte sulle modalità di ripristino del materiale.
L'Impresa deve assicurare che le proprie procedure di imballaggio, trasporto e stoccaggio siano tali da prevenire qualsiasi danneggiamento del materiale.
Il materiale viene fornito in rotoli che devono riportare in modo ben evidenziato un apposito contrassegno di identificazione che ne illustri le specifiche tecniche.
Una volta in cantiere, i rotoli devono essere stoccati in un'area sicura e protetta dagli agenti atmosferici, messa a disposizione dalla Committente, previa richiesta dell'Impresa e coperti da teli opachi per evitare l'esposizione diretta ai raggi UV.

Prima di iniziare la posa del materiale, l'Impresa deve sottoporre per accettazione alla Direzione Lavori una planimetria riportante in modo univoco la numerazione, la disposizione e la sequenza di posa di tutti i rotoli e giunture previsti (abaco di posa).

4.3.5 *Verifica della qualità del materiale approvvigionato in cantiere*

Il Produttore deve corredare ogni partita di prodotto con i relativi certificati attestanti le caratteristiche tecniche della geomembrana in HDPE, al fine di controllare la rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti riportati nel Paragrafo 4.1.

4.4 Posa in opera del materiale

4.4.1 *Manutenzione della superficie di posa*

L'Impresa è la sola ed unica responsabile della manutenzione della superficie preparata precedentemente per la posa del materiale. Essa deve infatti assicurare che tale superficie sia uno strato di fondazione solido poco deformabile e privo di asperità od improvvisi gradini.

4.4.2 *Posizionamento dei teli in opera*

Le varie sezioni di telo devono essere srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. Inoltre devono essere evitate condizioni di stress e/o eccessiva trazione o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle contrazioni.
Una volta srotolati, i teli devono essere zavorrati per prevenire movimenti e/o sollevamenti e saldati al più presto.
Lo srotolamento dei teli deve avvenire a temperatura ambiente non inferiore a + 5°C.
L'Impresa deve fornire dettagli delle misure adottate per ovviare all'effetto della pioggia durante le operazioni di giunzione, per assicurare che l'area del giunto sia mantenuta pulita ed asciutta in ogni momento.
Le operazioni di saldatura dei teli non possono essere effettuate se la temperatura di contatto misurata sulla superficie dei teli è superiore a + 30°C.

4.4.3 *Verbale di accettazione*

La Direzione Lavori ed il Collaudatore devono assistere all'esecuzione dei collaudi meccanici, al rifacimento dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa, quindi firmare il verbale di accettazione del manto posato in opera.

4.5 Controlli in corso d'opera

4.5.1 *Controlli da effettuarsi prima della posa del materiale*

La fornitura dei rotoli giunti in cantiere deve essere controllata mediante la verifica del numero di matricola del rotolo e delle relative specifiche tecniche forniti dal Produttore. Prima della posa, bisogna assicurarsi che il substrato di posa sia liscio e totalmente privo di ristagni di acque meteoriche o di qualsiasi materiale potenzialmente dannoso per l'integrità della geomembrana.

4.5.2 *Controlli da effettuarsi in corso d'opera*

4.5.2.1 Controlli sulla posa dei teli

Durante la posa della geomembrana in HDPE, deve essere verificata la rispondenza della disposizione dei rotoli e delle corrispondenti giunture con l'abaco di posa (planimetria riportante in modo univoco la numerazione e la disposizione di tutti i rotoli e giunture previsti).
La disposizione dei teli deve soddisfare alcuni requisiti che riguardano il numero e la geometria delle giunzioni; in particolare si deve minimizzare il numero delle giunture, poiché rappresentano le linee di debolezza dell'intero sistema di impermeabilizzazione.
La sovrapposizione tra teli adiacenti non deve essere inferiore a 30 cm, garantendo così la continuità della geomembrana, e la disposizione degli stessi deve essere parallela alle linee di massima pendenza.
Al fine di verificare la rispondenza alle specifiche tecniche riportate nel Paragrafo 4.1, viene prelevato un campione di geomembrana in HDPE ogni 10.000 m2 di materiale posato, da sottoporre alle seguenti prove:

- spessore (a 2 kPa) (norma UNI EN 964-1);
- sforzo a rottura (norma UNI EN 12311-2);
- deformazione a rottura (norma UNI EN 12311-2);

- resistenza al punzonamento statico(norma UNI EN ISO 12236).

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Impresa.

4.5.2.2 Controlli sulla saldatura dei teli

Poiché la saldatura dei teli è un'operazione delicata da cui può dipendere l'efficienza dell'intero sistema di impermeabilizzazione, essa deve essere realizzata da personale qualificato e con l'impiego di accessori e tecniche specifiche, secondo quanto richiesto dalla norma UNI 10567 "Membrane di polietilene per impermeabilizzazione di discariche controllate. Criteri generali per la saldatura ed il controllo della qualità dei giunti saldati".

Il posatore deve esercitare la massima cura nella preparazione delle aree da saldare. La superficie di contatto delle saldature sarà ripulita con mola abrasiva e preparata secondo le procedure indicate dal Produttore.

La saldatura dei teli può essere eseguita in due modi:

- a doppia pista con cuneo caldo;
- ad estrusione interposta a facce parallele.

Per le finiture (angoli, zone in cui non si può ricorrere alla saldatura a doppia pista) e le eventuali riparazioni in corso d'opera, si dovrà ricorrere alla saldatura ad estrusione sovrapposta, previa approvazione della Direzione Lavori.

Non saranno permesse discontinuità o distacchi parziali del bordo del telo superiore rispetto a quello inferiore. Ove tale difetto dovesse verificarsi, il materiale verrà smerigliato e saldato nuovamente. Qualsiasi punto del telo che si presenti danneggiato per abrasione, punzonamento o per qualsiasi altra manomissione verrà sostituito o riparato con un altro pezzo di telo.

Saldatura a doppia pista con cuneo caldo

Questo tipo di saldatura si realizza per sovrapposizione di due teli che verranno giuntati da un'attrezzatura movente a cuneo caldo.

La macchina di saldatura si sposta automaticamente sulla testata del giunto tramite rulli di pressione che spingeranno un cuneo su cui scorrono i teli da saldare. Il cuneo riscaldato da resistenze termostatate raggiungerà la temperatura più idonea per la fusione dei lembi che, in rapporto anche alla pressione esercitata dai rulli (circa 30 kg) ed alla durata del contatto, si salderanno fra loro.

Poiché i rulli ed il cuneo si muovono secondo le direttrici di una doppia pista parallela, all'interno dei lembi saldati viene a crearsi un canale in cui gli stessi sono solo sovrapposti

e che può essere successivamente utilizzato per testare la continuità e la tenuta della saldatura.
Tutte le saldature così ottenute verranno collaudate sia con prove distruttive su campioni significativi, sia mediante prove non distruttive eseguite in loco.

Saldatura ad estrusione interposta a facce parallele

Questo tipo di saldatura si realizza a mezzo estrusione di un cordone dello stesso polimero tra i lembi da saldare, previo riscaldamento degli stessi con aria surriscaldata.
Un piccolo estrusore portatile consente la fusione di un cordone di PE della stessa natura di quello da saldare e lo deposita sotto pressione nella zona di saldatura opportunamente preriscaldata mediante aria ad alta temperatura.
La composizione del materiale estruso sarà identica a quella del telo.
Il cordone da saldatura deve avere le seguenti dimensioni minime:

- larghezza della saldatura: 40 mm;
- spessore: 1 mm.

L'attrezzatura da saldatura impiegata deve essere in grado di controllare in modo continuo le temperature e le pressioni nella zona di contatto, cioè dove la macchina sta effettivamente fondendo il materiale del telo, in modo da assicurare che i cambiamenti nelle condizioni ambientali non influenzino l'integrità della saldatura.
Per le finiture e le eventuali riparazioni in corso d'opera, si dovrà ricorrere alla saldatura ad estrusione sovrapposta, previa approvazione della Direzione Lavori.
In questo caso si eseguirà dapprima una saldatura discontinua per termofusione ad aria calda dei due lembi sovrapposti e pressati con apposito rullo. Successivamente il cordone di PE estruso, con le modalità sopra descritte, verrà depositato ed opportunamente pressato sulla faccia superiore dei due teli congiunti.
Per facilitare l'adesione del cordone estruso, con questa tecnica si dovrà smussare a meno di 45° il lembo del foglio superiore che verrà molato sulle due facce e si raddoppierà la larghezza della molatura del foglio inferiore.
Tutte le saldature così ottenute verranno collaudate sia con prove distruttive su campioni significativi, sia mediante prove non distruttive eseguite in loco.

Saldatura campione

Una saldatura di prova di lunghezza pari a 1 m verrà eseguita all'inizio di ogni giorno lavorativo da ciascuna delle saldatrici operanti in cantiere.
La saldatura campione verrà etichettata con la data, la temperatura ambiente ed il numero di matricola della macchina saldatrice.

I provini della saldatura verranno sottoposti a prove distruttive, descritte nel dettaglio nel Paragrafo a seguire, e nessuna saldatrice può iniziare il lavoro sino a che la saldatura campione non sia stata approvata con esito positivo.

Controllo qualità delle saldature effettuate in cantiere

L'affidabilità delle giunture deve essere controllata attraverso l'esecuzione delle seguenti prove (norme UNI 10567):

- prove non distruttive: n.1 per ciascuna giuntura;
- prove distruttive: n.1 ogni 300 m lineari di saldatura:
- prove distruttive su giunti di controllo: n.1 per ogni saldatrice per ogni giornata di lavoro.

Il posatore deve fornire e mantenere in cantiere le attrezzature necessarie per il controllo distruttivo di tutte le saldature.

Prove non distruttive

Tutte le saldature (100% delle giunzioni) devono essere provate in cantiere utilizzando:

- per saldature a doppia pista: prove di insufflazione di aria compressa nel canale tra i due lembi:
- per saldature per estrusione: attrezzature ad ultrasuoni. In tutti i punti dove non fosse possibile effettuare la verifica con ultrasuoni, le saldature saranno verificate come ritiene opportuno la Direzione Lavori.

Un tecnico esperto di controllo qualità, indicato dal Posatore, deve ispezionare visualmente ogni giunto man mano che viene realizzato. Qualsiasi area che apparisse difettosa deve essere segnata, registrata e riparata secondo le istruzioni del Produttore.

<u>Saldature a doppia pista</u>

Il collaudo delle saldature a doppia pista si esegue insufflando aria compressa nel canale creato tra i due lembi saldati. In particolare, si muniscono i due terminali della linea saldata di bocchettoni a tenuta e si verifica l'effettivo passaggio dell'aria per tutta la lunghezza del canale.

Il collaudo vero e proprio consiste nel verificare che l'aria compressa, immessa ad una pressione non inferiore a 4 atm non manifesti, dopo 15 minuti, un calo superiore al 15% del valore iniziale stabilizzato.

Saldature per estrusione

Le giunzioni con cordone estruso interposto realizzano una struttura omogenea a facce parallele e possono essere collaudate con ultrasuoni.

Il collaudo delle saldature per estrusione si esegue impiegando un rilevatore di ultrasuoni, costituito da una sonda emittente – ricevente che, dopo opportuna taratura, permette di misurare lo spessore della saldatura, evidenziandone eventuali discontinuità (variazione dello spessore del cordone interposto, bolle d'aria, eterogeneità del materiale).

Il sistema trova limitazioni per le difficoltà di applicazione in condizioni ambientali non sempre idonee all'utilizzo dello strumento.

Le giunzioni con cordone estruso sovrapposto non collaudabili con ultrasuoni, possono essere controllate a vista, forzando una punta metallica lungo tutta la lunghezza del cordone oppure con altro modo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori. In alternativa, si può utilizzare una campana a vuoto posta sopra la linea di saldatura previamente trattata con soluzione di sapone. Si aspira l'aria della campana fino a circa 0,06 MPa ed in caso di perdite, si osserva la formazione di bolle.

Prove distruttive

Una saldatura di prova di lunghezza pari a 1 m deve essere eseguita all'inizio di ogni giorno lavorativo da ciascuna delle saldatrici operanti in cantiere; altre saldature di prova possono essere eseguite su richiesta dalla Direzione Lavori.

La saldatura campione deve essere etichettata con data, temperatura ambiente ed numero di matricola della macchina saldatrice.

I provini della saldatura (larghezza 6÷10 cm) devono essere sottoposti a due prove distinte:

- prova di trazione delle giunzioni (norma UNI 8202/30):
- prova di sfogliamento o "peeling" (norma UNI 10567);

e nessuna saldatrice può iniziare il lavoro sino a che la saldatura campione non sia stata approvata con esito positivo.

Le saldature devono essere più robuste del materiale.

Il campione di saldatura viene conservato per successive prove di laboratorio secondo quanto prescritto dai relativi standards.

Una volta che la geomembrana è stata messa in opera, si prelevano campioni di saldature di teli già saldati con frequenza pari a quella riportata all'inizio del presente Paragrafo, da sottoporre alle seguenti prove:

- prova di trazione delle giunzioni (norma UNI 8202/30):
- prova di sfogliamento o "peeling" (norma UNI 10567).

Tutte le prove devono essere eseguite in presenza della Direzione Lavori.

Prova di trazione delle giunture

Campioni tagliati con saldatura posta al centro, vanno provati sottoponendo a sforzo la saldatura in una configurazione a "trazione".
Questo significa che il telo superiore viene sottoposto a sforzo rispetto a quello inferiore secondo una direzione che lo allontana dalla saldatura.
Il test risulta positivo quando si ha rottura del telo superiore o inferiore, senza il distacco dalla saldatura; risulta invece negativo quando si ha rottura della saldatura.

Prova di sfogliamento o "peeling"

Campioni tagliati con la saldatura posta al centro, vanno provati sottoponendo a sforzo il telo superiore rispetto al bordo sovrapposto di quello inferiore tentando di spellare la saldatura.
Il test risulta positivo quando si rompe il telo; risulta invece negativo quando la saldatura si sfoglia.
In caso si verificassero prove con esito negativo, deve essere eseguito un rigoroso esame di tutta la lunghezza della saldatura già completata partendo dalla posizione della precedente saldatura provata con esito positivo; qualsiasi giunzione difettosa deve essere riparata seguendo le istruzioni del Produttore.
Prima di procedere alle successive saldature deve essere presentata alla Direzione Lavori una relazione che ponga in evidenza le ragioni del difetto della saldatura.

5 GEOCOMPOSITO BENTONITICO

5.1 Caratteristiche generali

Il geocomposito bentonitico deve essere costituito da uno strato di bentonite sodica granulare racchiuso e fissato, mediante coesione meccanica (agugliatura: n. punti 50.000 m2; cuciture disposte ad interassi ravvicinati: < 50 mm), a due geosintetici, assolutamente esenti da collanti, appretti, impregnanti e senza aver subito alcun trattamento di termosaldatura e termocalandratura.

I geosintetici impiegati possono essere di diverso tipo:

- geotessili del tipo tessuto in PP, PE e/o PET;
- geotessili del tipo non tessuto in PP, PE e/o PET;

Il geocomposito bentonitico impiegato deve rispondere alle caratteristiche tecniche riportate in Tabella 5.1 e Tabella 5.2.

Inoltre deve essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- stabile ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Il materiale impiegato deve avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Geotessile di contenimento			PP (sup) PP (inf)
Spessore (a 2kPa)	UNI EN 964-1	mm	≥ 6
Massa areica	UNI EN 14196	g/m^2	≥ 4500
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	≥ 10(L) ≥ 10 (T)
Deformazione al carico massimo	UNI EN ISO 10319	%	≥ 15(L) ≥ 9(T)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	kN	≥ 2
Coeff. di permeabilità	ASTM D5084	m/s	$\leq 5x10^{-11}$
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 2
Lunghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 30

Tabella 5.1 Caratteristiche minime del geocomposito bentonitico.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Contenuto di montmorillonite	Test al blu di metilene	%	> 70
Indice di rigonfiamento	ASTM D5890	ml/2g	≥ 20
Massa areica	UNI EN 14196	g/m^2	$\geq 5\,000$
Umidità	UNI EN 14196	g/m^2	≤ 14

Tabella 5.2 Caratteristiche minime della bentonite sodica granulare.

Nel caso fossero presenti punti singolari (es. attraversamento tubi), si deve impiegare bentonite sodica granulare (generalmente dello stesso tipo di quella utilizzata per la costruzione del geocomposito e fornita dallo stesso Produttore) per la loro sigillatura.

Normativa di riferimento

- UNI EN 964-1:1997 "Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Strati singoli";
- UNI EN 14196:2004 "Geosintetici - Metodi di prova per la misurazione della massa areica di geocompositi bentonitici";
- UNI EN ISO 10319:1998 "Geotessili - Prova di trazione a banda larga";
- UNI EN ISO 12236:1999 "Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)";
- UNI EN ISO 10320:2002 "Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito";
- ASTM D5084:2003 "Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter";

- ASTM D5321:2002 "Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method";
- ASTM D5890:2002 "Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liners".

5.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale

5.2.1 *Referenze del produttore*

L'Impresa deve fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente le certificazioni del Produttore, le specifiche tecniche del materiale, i risultati di eventuali controlli di qualità ed il certificato di prova di ciascun rotolo, con particolare riferimento alle forniture per discariche di rifiuti e sarà responsabile del prodotto approvvigionato.
Tale documentazione insieme ad un campione del materiale verrà sottoposto alla Committente per accettazione.

5.2.2 *Ispezioni e prove*

L'Impresa deve consentire e fare in modo che la Direzione Lavori possa visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la produzione del geocomposito bentonitico.
La Direzione Lavori si riserva il diritto di chiedere campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio; ciò senza sollevare l'Impresa dalla responsabilità di campionare e provare secondo quanto prescritto in questa specifica.

5.2.3 *Istruzioni di fornitura, trasporto, stoccaggio e posa in opera*

L'Impresa deve ottenere dal Produttore, e quindi fornire alla Direzione Lavori per approvazione, una specifica completa per quanto riguarda la fornitura, il trasporto, lo stoccaggio e la posa in opera dei manti bentonitici, in accordo con quanto indicato nel seguito; il tutto prima di confermare l'ordine della fornitura.

L'Impresa deve assicurare che le proprie procedure di imballaggio, trasporto e stoccaggio sono tali da prevenire qualsiasi danneggiamento del materiale.

Il materiale viene fornito in rotoli che devono riportare in modo ben evidenziato un apposito contrassegno di identificazione che ne illustri le specifiche tecniche.

Una volta in cantiere, i rotoli devono essere stoccati in un'area sicura e protetta dagli agenti atmosferici, messa a disposizione dalla Committente previa richiesta dell'Impresa, e coperti da teli opachi per evitare l'esposizione diretta ai raggi UV.

Prima di iniziare la posa del materiale, l'Impresa deve sottoporre per accettazione alla Direzione Lavori una planimetria riportante in modo univoco la numerazione, la disposizione e la sequenza di posa di tutti i rotoli e giunture previsti (abaco di posa).

5.2.4 *Verifica della qualità del materiale approvvigionato in cantiere*

Il Produttore deve corredare ogni partita di prodotto con i relativi certificati attestanti le caratteristiche tecniche del geocomposito bentonitico e bentonite sodica granulare (se presenti punti singolari da dover sigillare), affinché la Direzione Lavori possa controllare la rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti riportati nel Paragrafo 5.1.

5.3 ***Posa in opera del materiale***

5.3.1 *Manutenzione della superficie di posa*

L'Impresa è la sola ed unica responsabile della manutenzione della superficie preparata precedentemente per la posa del materiale. Essa deve infatti assicurare che tale superficie sia uno strato di fondazione solido poco deformabile e privo di asperità od improvvisi gradini.

5.3.2 *Posizionamento dei teli in opera*

Le varie sezioni di telo devono essere srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. Inoltre devono essere evitate condizioni di stress e/o eccessiva trazione o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle contrazioni.
Una volta srotolati, i teli devono essere zavorrati per prevenire movimenti e/o sollevamenti.
Lo srotolamento dei teli deve avvenire a temperatura ambiente non inferiore a + 5°C.

5.3.3 *Verbale di accettazione*

La Direzione Lavori ed il Collaudatore devono assistere all'esecuzione dei collaudi meccanici, al rifacimento dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa, quindi firmare il verbale di accettazione del manto posato in opera.

5.4 Controlli in corso d'opera

5.4.1 *Controlli da effettuarsi prima della posa del materiale*

La fornitura dei rotoli giunti in cantiere deve controllata mediante la verifica del numero di matricola del rotolo e delle relative specifiche tecniche forniti dal Produttore.
Prima della posa, bisogna assicurarsi che il substrato di posa sia privo di materiali potenzialmente dannosi per l'integrità del geocomposito bentonitico.

5.4.2 *Controlli da effettuarsi in corso d'opera*

Durante la posa del geocomposito bentonitico, deve essere verificata la rispondenza della disposizione dei rotoli e delle corrispondenti giunture con l'abaco di posa (planimetria riportante in modo univoco la numerazione e la disposizione di tutti i rotoli e giunture previsti).
La sovrapposizione tra teli adiacenti non deve essere inferiore a 20 cm, garantendo così la continuità dei manto bentonitico, e la disposizione degli stessi deve essere parallela alle linee di massima pendenza.
La sovrapposizione dei teli deve essere controllata visivamente e puntualmente, rilevando la sovrapposizione con controlli a campione a discrezione del Collaudatore.
Devono inoltre essere controllati gli ancoraggi ed i punti singolari (se presenti), al fine di verificare la continuità del sistema di impermeabilizzazione. In particolare, nei punti singolari (es. attraversamento tubazioni) deve essere verificata la corretta sigillatura con colletto di bentonite granulare.
Al fine di verificare la rispondenza alle specifiche tecniche riportate nel Paragrafo 5.1, viene prelevato un campione di geocomposito bentonitico ogni 10.000 m^2 di materiale posato, da sottoporre alle seguenti prove:

- massa areica (norma UNI EN 14196);
- spessore (a 2 kPa) (norma UNI EN 964-1);
- coeff. di permeabilità (metodo ASTM D5084).

Per verificare la rispondenza alle specifiche tecniche riportate nel Paragrafo 5.1 delle caratteristiche della bentonite sodica granulare impiegata nei punti singolari (se presenti), si prevede il prelievo di alcuni campioni da sottoporre alle seguenti prove:

- limiti di Attemberg (metodo ASTM D4318);
- indice di rigonfiamento (metodo ASTM D5890).

Il numero dei campioni da prelevare è a discrezione della Direzione Lavori e/o del Collaudatore.

Infine vengono previsti controlli dimensionali sulla geometria del tampone costituito dal materiale posato.

Tutte le prove sono a cura e spese dell’Impresa.

6 GEOCOMPOSITO DRENANTE

6.1 Caratteristiche del materiale

6.1.1 *Caratteristiche tecniche del materiale*

Il geocomposito drenante dovrà essere:

- resistente ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- resistente alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabile da microrganismi, insetti e roditori;
- resistente alle perforazioni di radici;
- imputrescibile;
- resistente all'invecchiamento;
- stabile ai raggi UV e agli agenti atmosferici in genere.

Inoltre, il geocomposito dovrà rispondere alle caratteristiche tecniche riportate nella successiva Tabella B.1.

Il materiale dovrà avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il Sistema Qualità del Produttore dovrà essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO		
Spessore nominale a 200 kPa (*)	EN ISO 9863-1	mm	≥ 5	≥ 10	≥ 20
Massa areica	EN ISO 9864	g/m^2	> 500	> 500	> 500
Resistenza a trazione	EN ISO 10319	kN/m kN/m	≥ 20(L) ≥ 20(T)	≥ 20(L) ≥ 20(T)	≥ 20(L) ≥ 20(T)
Deformazione al carico massimo	EN ISO 10319	%	≤ 50(L)	≤ 50(L)	≤ 50(L)
Portata idraulica longitudinale a 200 kPa (i = 0,3) (*)	UNI EN ISO 12958	m^2/s	≥ $1*10^{-3}$	≥ $5*10^{-4}$	≥ $2.5*10^{-4}$
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 4	≥ 2	≥ 1.5
Lunghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	≥ 25	≥ 25	≥ 25

(*) I valori riportati sono generalmente accettabili, ma dovranno essere confrontati con i dati di progetto o altre esigenze specifiche

Tabella 6.1: Caratteristiche del geocomposito drenante

6.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale

6.2.1 *Referenze del produttore*

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente le certificazioni del Produttore, le schede tecniche del materiale, i risultati di eventuali controlli di qualità e, per ciascun rotolo, il Certificato comprovante la Marcatura CE, e sarà responsabile del prodotto approvvigionato.
Tale documentazione insieme ad un campione del materiale verrà sottoposto alla Committente per accettazione.

6.2.2 *Ispezioni e prove*

L'Appaltatore dovrà consentire e fare in modo che la Direzione Lavori possa visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la produzione dei geotessili.
La Direzione Lavori si riserva il diritto di chiedere campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio; ciò senza sollevare l'Appaltatore dalla responsabilità di campionare e provare secondo quanto prescritto in questa specifica.

6.2.3 *Istruzioni di fornitura, trasporto e stoccaggio*

L'Appaltatore dovrà ottenere dal Produttore, e quindi fornire alla Direzione Lavori per approvazione, una specifica completa per quanto riguarda la fornitura, il trasporto, lo stoccaggio e la posa in opera del geocomposito, in accordo con quanto indicato nel seguito; il tutto prima di confermare l'ordine della fornitura.
L'Appaltatore dovrà assicurare che le proprie procedure di imballaggio, trasporto e stoccaggio siano conformi a quelle fornite dal Produttore e che siano comunque tali da prevenire qualsiasi danneggiamento del materiale.
Il materiale verrà fornito in rotoli che dovranno riportare in modo ben evidenziato un apposito contrassegno di identificazione che ne illustri le caratteristiche tecniche.
Una volta in cantiere, i rotoli dovranno essere stoccati in un'area sicura e protetta dagli agenti atmosferici, messa a disposizione dalla Committente previa richiesta dell'Appaltatore, e coperti da teli opachi per evitare l'esposizione diretta ai raggi UV.

6.2.4 *Verifica del materiale approvvigionato in cantiere*

Il Produttore dovrà corredare ogni partita di prodotto con i relativi certificati attestanti le caratteristiche tecniche del geotessuto, affinché la Direzione Lavori possa controllare la rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti riportati in Tabella 6.1.
L'Appaltatore, al fine di verificare la rispondenza alle specifiche tecniche riportate in Tabella B.1, prima dell'inizio dei lavori dovrà effettuare a sue spese, in un laboratorio specializzato, le prove sotto indicate, e dovrà presentare al Committente i certificati di prova in originale dei geotessili che intende posare. Il materiale dovrà essere sottoposto alle seguenti prove:

- massa areica (UNI EN ISO 9864);
- spessore (a 200 kPa) (UNI EN 9863-1);
- deformazione a rottura (UNI EN ISO 10319);
- portata idraulica longitudinale (UNI EN ISO 12958).

Il materiale dovrà riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

6.2.5 *Verifica della resistenza a taglio di interfaccia*

Poiché i geosintetici costituiscono piani di scorrimento preferenziali, lungo i quali è possibile la formazione di superfici di rottura, occorre verificare che i valori dei parametri di resistenza a taglio di interfaccia siano maggiori o uguali ai valori assunti in progetto nelle analisi di stabilità.
In tale senso, l'Appaltatore dovrà far eseguire ad un laboratorio specializzato almeno una prova di taglio diretto, con determinazione dei valori dei parametri di resistenza di picco e residui di interfaccia, per ciascuna delle interfacce tra il geocomposito qui in oggetto e i materiali con cui essa si troverà a contatto.
A puro titolo di esempio, se la barriera di confinamento prevede una sequenza di strati costituita da: argilla compattata, geocomposito drenante e terreno vegetale, le prove da effettuare riguardano le interfacce argilla compattata/geocomposito e geocomposito/terreno vegetale.
I campioni dei materiali con cui effettuare le prove saranno prelevati fra i quantitativi di materiale qualificati per l'utilizzo, direttamente in cantiere o nel sito di approvvigionamento. Le prove dovranno essere effettuate a valori di pressione rappresentativi degli stati tensionali attesi in sito.
Le prove dovranno essere eseguite e certificate da un laboratorio ufficiale ai sensi dell'art. 59 del DPR 6.6.2001, n. 380.

Ai fini dell'accettazione del geocomposito, le prove di taglio per le interfacce individuate dovranno fornire valori dei parametri di resistenza a taglio adeguati a garantire la stabilità della discarica, ossia non inferiori a quelli considerati dal progettista nelle verifiche effettuate.

6.3 Posa in opera del materiale

6.3.1 *Manutenzione della superficie di posa*

L'Appaltatore è il solo ed unico responsabile della manutenzione della superficie preparata precedentemente per la posa del materiale. Egli dovrà assicurare che tale superficie costituisca uno strato di fondazione solido poco deformabile, privo di asperità od improvvisi gradini e privo di corpi che possano provocare lacerazioni e/o punzonamenti del telo.

6.3.2 *Posizionamento dei teli in opera*

Le varie sezioni di telo dovranno essere srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. Inoltre, si dovranno evitare condizioni di stress e/o eccessiva trazione o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle contrazioni.
Una volta srotolati, i teli dovranno essere zavorrati per prevenire movimenti e/o sollevamenti.
Lo srotolamento dei teli dovrà avvenire a temperatura ambiente non inferiore a + 5°C.

6.3.3 *Procedure per la posa in opera*

L'Appaltatore dovrà organizzare le operazioni di posa dei teli in modo tale che i periodi di esposizione ai raggi solari, tenendo conto della durata delle fasi di costruzione e gestione, non superino mai i limiti massimi previsti dal Produttore, avendo l'Appaltatore a suo totale carico tutti i maggiori oneri provenienti dal protrarsi delle operazioni anche oltre il termine ultimo previsto per la fine dei lavori.
I teli dovranno essere posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla massima pendenza. Il geotessile di qualsiasi tipologia, sarà fornito in rotoli le cui dimensioni standard dovranno essere tali da ridurre al minimo le giunzioni da effettuare in cantiere.
Le giunzioni tra i teli dovranno essere sovrapposte di almeno 30 cm e dovranno essere parallele per tutta la lunghezza dei teli stessi senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o

corrugamenti. I collegamenti tra teli adiacenti secondo direzioni diverse dalla linea di massima pendenza dovranno essere effettuate mediante cucitura da eseguire con filo di nylon.
È vietata la legatura a mezzo di fili metallici e di fissaggio dei teli al terreno mediante infissione di tondini ferro o picchetti di altro materiale.
L'Appaltatore dovrà assicurare che i teli rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.
L'Appaltatore dovrà inoltre garantire che le operazioni di posa non rechino danni ai teli o ai sottoservizi già eventualmente predisposti, assumendosi ogni responsabilità ed onere di riparazione.
In caso di danneggiamento l'Appaltatore dovrà informare tempestivamente la Direzione Lavori indicandone le cause e deve predisporre una relazione con le modalità di riparazione. Dopo che la Direzione Lavori avrà approvato tali modalità oppure avrà apportato a suo insindacabile giudizio le modifiche opportune, l'Appaltatore dovrà procedere alle riparazioni.
Alla fine della messa in opera di ciascuno strato di geotessile, la Direzione Lavori dovrà approvare per iscritto il lavoro eseguito.
I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici prima della messa in opera degli strati di materiale previsti al di sopra degli stessi.

6.4 Controlli in corso d'opera

Al fine di verificare la rispondenza alle specifiche tecniche riportate in Tabella B.1, si preleverà un campione ogni 10.000 m^2 di materiale da posare con un numero minimo di campioni non inferiore a 2, da sottoporre alle seguenti prove:

- spessore (a 200 kPa) (UNI EN 9863-1);
- deformazione a rottura (UNI EN ISO 10319);
- portata idraulica longitudinale (UNI EN ISO 12958).

I controlli previsti non dovranno essere eseguiti in una unica soluzione ma svolti con progressione cronologia durante le operazioni di posa.
Tutte le prove sono a cura e spese dell'Appaltatore. Qualora dai suddetti controlli dovesse risultare, a qualsiasi livello, un'esecuzione difettosa, il Committente potrà rifiutare il lavoro ed ordinare le opere ed i provvedimenti riparatori. Tutte le opere e gli eventuali rifacimenti saranno a completo carico dell'Appaltatore.

6.5 Normativa di riferimento

- EN ISO 9863-1 "Geosynthetics - Determination of thickness at specified pressures"
- EN ISO 9864 "Geosynthetics - Test method for the determination of mass per unit area of geotextiles and geotextile-related products"
- UNI EN ISO 10319 "Geosintetici - Prova di trazione a banda larga"
- UNI EN ISO 10320 "Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito"
- UNI EN ISO 12958 "Geotessili e prodotti affini - Determinazione della capacità drenante nel piano"
- ASTM D3080 "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions"
- ASTM D5321 "Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method"

7 GEOTESSILI

7.1 Caratteristiche generali

I geotessili impiegati hanno funzioni di protezione dello strato impermeabile, dello strato drenante e/o di separazione dagli strati sovrastanti; possono essere del tipo "tessuto" o "non tessuto".

Nel caso in oggetto, i geotessili impiegati devono rispondere alle caratteristiche tecniche riportate in,

Inoltre devono essere:

- resistenti ad agenti chimici presenti nel corpo rifiuti;
- inattaccabili da microrganismi, insetti e roditori;
- imputrescibili;
- resistenti all'invecchiamento;
- resistenti alle sollecitazioni meccaniche;
- stabili agli agenti atmosferici in genere;
- stabilizzati ai raggi UV (per i geotessili in HDPE).

Il materiale impiegato deve avere la marcatura CE, in conformità alle norme UNI EN vigenti.

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Tipo geotessile	-	-	non tessuto
Tipo di polimero	-	-	-
Massa areica	UNI EN 965	g/m^2	1'000
Spessore (a 2 kPa)	UNI EN 964-1	mm	$\geq$ 3.5
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	kN/m	$\geq$ 40 (L) $\geq$ 40 (T)
Deformazione al carico massimo		%	$\geq$ 50(L) $\geq$ 60(T)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	kN	$\geq$ 7
Apertura nel punzonamento dinamico	UNI EN 918	mm	6
Permeabilità	UNI EN ISO 11058	m/s	$\leq$ 10
Apertura di filtrazione	UNI EN ISO 12956	□m	$\leq$ 100
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	a richiesta
Lunghezza del rotolo		m	a richiesta

Tabella 7.1: Caratteristiche minime del geotessile non tessuto da 1000 g/m^2.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Tipo geotessile	-	-	non tessuto
Tipo di polimero	-	-	-
Massa areica	UNI EN 965	g/m^2	400
Spessore (a 2 kPa)	UNI EN 964-1	mm	$\geq$ 1.7
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	KN/m	$\geq$ 25 (L) $\geq$ 25 (T)
Deformazione al carico massimo		%	$\geq$ 40(L) $\geq$ 40(T)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	kN	$\geq$ 4
Apertura nel punzonamento dinamico	UNI EN 918	mm	$\leq$ 20
Permeabilità	UNI EN ISO 11058	m/s	$\leq$ 10
Apertura di filtrazione	UNI EN ISO 12956	□m	$\leq$ 100
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	a richiesta
Lunghezza del rotolo		m	a richiesta

Tabella 7.2: Caratteristiche minime del geotessile non tessuto da 400 g/m^2.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Tipo geotessile	-	-	tessuto
Tipo di polimero	-	-	PE, PET
Massa areica	UNI EN 965	g/m^2	90
Spessore (a 2 kPa)	UNI EN 964-1	mm	$\geq$ 0,5
Resistenza a trazione	UNI EN ISO 10319	KN/m	$\geq$ 15 (L) $\geq$ 14 (T)
Deformazione al carico massimo		%	$\geq$ 27 (L) $\geq$ 24 (T)
Resistenza al punzonamento statico	UNI EN ISO 12236	kN	$\geq$ 2 (per PE) n.d. (per PET)
Apertura nel punzonamento dinamico	UNI EN 918	mm	$\leq$ 16 (per PE) n.d. (per PET)
Permeabilità (normale al piano)	UNI EN ISO 11058	m/s	$\geq 200 \times 10^{-3}$
Apertura di filtrazione	UNI EN ISO 12956	□m	$\geq$ 1000
Larghezza del rotolo	UNI EN ISO 10320	m	$\geq$ 1,5
Lunghezza del rotolo		m	$\geq$ 100

Tabella 7.3 Caratteristiche minime del geotessile da 150g/m² a maglia larga.

Normativa di riferimento

- UNI EN 965:1997 "Geotessili e prodotti affini. Determinazione della massa areica";
- UNI EN 964-1:1997 "Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Strati singoli";
- UNI EN ISO 10319:1998 "Geotessili - Prova di trazione a banda larga";
- UNI EN ISO 12236:1999 "Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)";
- UNI EN 918:1999 "Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento dinamico (metodo della caduta del cono)";
- UNI EN ISO 11058:2002 "Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle caratteristiche di permeabilità all'acqua perpendicolare al piano, senza carico";
- UNI EN ISO 12956:2001 "Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura (opening size) caratteristica";
- UNI EN ISO 10320:2002 "Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito".

7.2 Controlli in fase di scelta e qualificazione del materiale

7.2.1 *Referenze del produttore*

L'Impresa deve fornire alla Direzione Lavori una documentazione contenente le certificazioni del Produttore, le specifiche tecniche del materiale, i risultati di eventuali controlli di qualità ed il certificato di prova di ciascun rotolo, con particolare riferimento alle forniture per discariche di rifiuti e sarà responsabile del prodotto approvvigionato.
Tale documentazione insieme ad un campione del materiale verrà sottoposto alla Committente per accettazione.

7.2.2 *Ispezioni e prove*

L'Impresa deve consentire e fare in modo che la Direzione Lavori possa visitare ed ispezionare in qualsiasi momento la produzione dei geotessili.
La Direzione Lavori si riserva il diritto di chiedere campioni del materiale tal quale allo scopo di provarli in proprio; ciò senza sollevare l'Impresa dalla responsabilità di campionare e provare secondo quanto prescritto in questa specifica.

7.2.3 *Istruzioni di fornitura, trasporto, stoccaggio e posa in opera*

L'Impresa deve ottenere dal Produttore, e quindi fornire alla Direzione Lavori per approvazione, una specifica completa per quanto riguarda la fornitura, il trasporto, lo stoccaggio e la posa in opera dei geotessili, in accordo con quanto indicato nel seguito; il tutto prima di confermare l'ordine della fornitura.
L'Impresa deve assicurare che le proprie procedure di imballaggio, trasporto e stoccaggio sono tali da prevenire qualsiasi danneggiamento del materiale.
Il materiale viene fornito in rotoli che devono riportare in modo ben evidenziato un apposito contrassegno di identificazione che ne illustri le specifiche tecniche.
Una volta in cantiere, i rotoli devono essere stoccati in un'area sicura e protetta dagli agenti atmosferici, messa a disposizione dalla Committente previa richiesta dell'Impresa, e coperti da teli opachi per evitare l'esposizione diretta ai raggi UV.
Prima di iniziare la posa del materiale, l'Impresa deve sottoporre per accettazione alla Direzione Lavori una planimetria riportante in modo univoco la numerazione, la disposizione e la sequenza di posa di tutti i rotoli e giunture previsti (abaco di posa).

7.2.4 *Verifica della qualità del materiale approvvigionato in cantiere*

Il Produttore deve corredare ogni partita di prodotto con i relativi certificati attestanti le caratteristiche tecniche del geotessuto, affinché la Direzione Lavori possa controllare la rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti riportati nel Paragrafo 7.1.
Il materiale deve riportare ben evidenziato su ogni rotolo il periodo massimo consentito di esposizione ai raggi ultravioletti prima di innescare qualsiasi processo di deterioramento.

7.3 Posa in opera del materiale

7.3.1 *Manutenzione della superficie di posa*

L'Impresa è la sola ed unica responsabile della manutenzione della superficie preparata precedentemente per la posa del materiale. Essa deve infatti assicurare che tale superficie sia uno strato di fondazione solido poco deformabile e privo di asperità od improvvisi gradini.

7.3.2 *Posizionamento dei teli in opera*

Le varie sezioni di telo devono essere srotolate in modo da ridurre al minimo gli spostamenti a rotolo svolto. Inoltre devono essere evitate condizioni di stress e/o eccessiva trazione o rigonfiamenti, prevedendo opportuni franchi per tener conto delle contrazioni.
Una volta srotolati, i teli devono essere zavorrati per prevenire movimenti e/o sollevamenti.
Lo srotolamento dei teli deve avvenire a temperatura ambiente non inferiore a + 5°C.

7.3.3 *Verbale di accettazione*

La Direzione Lavori ed il Collaudatore devono assistere all'esecuzione dei collaudi meccanici, al rifacimento dei punti difettosi ed alla compilazione delle annotazioni sul diagramma di posa, quindi firmare il verbale di accettazione del manto posato in opera.

7.3.4 *Procedure per la posa in opera*

L'Impresa deve organizzare le operazioni di posa dei teli in modo tale che i periodi di esposizione ai raggi solari, tenendo conto della durata delle fasi di costruzione e gestione, non superino mai i limiti massimi previsti dal Produttore, avendo essa a suo totale carico tutti i maggiori oneri provenienti dal protrarsi delle operazioni anche oltre il termine ultimo

previsto per la fine dei lavori, che limitatamente a queste attività, può essere prorogata dalla Direzione Lavori in base alle esigenze di coltivazione.
I teli devono essere posizionati in opera con l'asse longitudinale parallelo alla massima pendenza del fondo.
Le giunzioni tra i teli devono essere sovrapposte di almeno 30 cm e devono essere parallele per tutta la lunghezza dei teli stessi senza eccessive ondulazioni, pieghe e/o corrugamenti.
Le giunzioni tra i teli devono essere cucite evitando fili o graffette metalliche ed assicurando, con i certificati necessari, che gli eventuali prodotti utilizzati per le suddette operazioni non siano in alcun modo dannosi per i teli in HDPE sia durante le fasi costruttive che di esercizio dell'impianto. L'Impresa deve inoltre assicurare che i teli rimangano in posizione corretta durante tutte le fasi delle lavorazioni, anche in presenza di vento o altre condizioni atmosferiche avverse.
L'Impresa deve inoltre garantire che le operazioni di posa non rechino danni al telo in HDPE, ai tubi di drenaggio e ai drenaggi, assumendosi ogni responsabilità ed ogni eventuale onere di riparazione.
In caso di danneggiamento l'Impresa deve informare tempestivamente la Direzione Lavori indicandone le cause e deve predisporre una relazione con le modalità di riparazione. Dopo che la Direzione Lavori avrà approvato tali modalità oppure avrà apportato a suo insindacabile giudizio le modifiche opportune, l'Impresa deve procedere alle riparazioni.
Alla fine della messa in opera di ciascuno strato di geotessile, la Direzione Lavori deve approvare per iscritto il lavoro eseguito.
I teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio di mezzi meccanici prima della messa in opera degli strati di materiale previsti al di sopra degli stessi.

7.4 Controlli in corso d'opera

7.4.1 *Controlli da effettuarsi prima della posa del materiale*

La fornitura dei rotoli giunti in cantiere deve controllata mediante la verifica del numero di matricola del rotolo e delle relative specifiche tecniche forniti dal Produttore.
Prima della posa, bisogna assicurarsi che il substrato di posa sia privo di materiali potenzialmente dannosi per l'integrità del geotessile.

7.4.2 *Controlli sulla posa dei teli*

Durante la posa del geotessile, deve essere verificata la rispondenza della disposizione dei rotoli e delle corrispondenti giunture con l'abaco di posa (planimetria riportante in modo univoco la numerazione e la disposizione di tutti i rotoli e giunture previsti).

La sovrapposizione tra teli adiacenti non deve essere inferiore a 20 cm, garantendo così la continuità dei telo, e la disposizione degli stessi deve essere parallela alle linee di massima pendenza.

Al fine di verificare la rispondenza alle specifiche tecniche riportate nel Paragrafo 7.1, viene prelevato un campione per ogni tipo di geotessile impiegato e per ogni 20.000 m^2 di materiale posato, da sottoporre alle seguenti prove:

- massa areica (norma UNI EN 965);
- spessore (a 2 kPa) (norma UNI EN 964-1);
- resistenza al punzonamento statico(norma UNI EN ISO 12236).

Non ci sono particolari criteri di controllo sulle giunture tra i teli adiacenti, tuttavia si sottolinea che le cuciture non dovrebbero presentare fili o graffette in metallo.

Tutte le prove sono a cura e spese dell'Impresa.

8 TUBAZIONI IN HDPE PIENE E FESSURATE

8.1 Caratteristiche del materiale

8.1.1 *Generalità*

I tubi, i raccordi, le valvole e tutti pezzi speciali impiegati saranno prodotti con resine polietileniche ad alta densità (HDPE) e comunque sempre in conformità alle norme UNI EN 12201 – 1,2,3,4; I materiali impiegati per la realizzazione di parti non in polietilene dovranno essere conformi alle relative norme vigenti all'atto della consegna del contratto.

I tubi vengono forniti confezionati in rotoli (se di piccolo diametro) e in barre (se di diametro medio – grande).

Le forniture dovranno sempre essere accompagnate da specifica certificazione del Produttore, con il riferimento al cantiere e al numero del documento di trasporto attestante che, per i materiali oggetto della fornitura, sono state eseguite le prove e le verifiche previste dalle norme in vigore e/o dallo schema di certificazione imposto dall'Istituto Italiano dei Plastici (IIP).

In ogni caso la Direzione Lavori può riservarsi, durante tutto il corso dei lavori, la facoltà di effettuare controlli sulla rispondenza alle normative vigenti, eseguire, o fare eseguire all'IIP o a Laboratori specializzati di fiducia, analisi e controlli dei materiali proposti o di quelli già eventualmente forniti, su campioni scelti per quantità e tipo, a suo insindacabile giudizio.

I Produttori di tubi, raccordi, valvole e pezzi speciali devono possedere un Sistema Qualità conforme alla norma UNI EN ISO 9001:2000 certificato dall'IIP o da altro Organismo terzo di certificazione accreditato secondo la norma UNI CEI EN 45012.

Le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi dovranno essere lisce e prive di difetti superficiali (rigature, cavità, asperità, etc.) che possano compromettere la funzionalità degli stessi.

La parte terminale dei tubi dovrà essere sezionata perfettamente e perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi e i raccordi di polietilene dovranno essere solo di colore nero o blu, come previsto dalle norme UNI EN di cui sopra.

8.1.2 *Caratteristiche delle fessure (solo per le tubazioni fessurate)*

Le fessure dovranno essere realizzate perpendicolarmente all'asse del tubo ed estendersi circa per i 2/3 della circonferenza. Le fessure dovranno essere alternate fra loro, in modo da ridurre la conseguente perdita di resistenza allo schiacciamento.
Il numero e la posizione delle fessure sarà deciso in fase progettuale e/o dalla Direzione Lavori.

8.1.3 *Marcatura*

Tutti i tubi e raccordi dovranno essere marcati in modo permanente e leggibile senza ingrandimento, riportando tutte le informazioni relative alle caratteristiche dimensionali e di impiego, nonché i dati necessari alla rintracciabilità degli stessi. In particolare i tubi dovranno essere marcati almeno ogni metro lineare per tutta la loro lunghezza.
La marcatura minima richiesta dovrà riportare le indicazioni di seguito riportate.

Tubi:

- Nome o simbolo del Produttore;
- Identificativo del marchio IIP/a;
- Numero della norma;
- Materiale e designazione (PE x);
- Dimensioni (DN x eN);
- Serie (S) o Rapporto dimensionale normalizzato (SDR);
- Classe di pressione in bar (PN y);
- Data e/o codice di produzione.

Raccordi:

Sul raccordo stesso
- nome o simbolo del Produttore;
- identificativo del marchio IIP/a;
- diametro nominale e serie del tubo/SDR;
- data e/o codice di produzione.
- Sull'etichetta
- numero della norma;
- materiale e designazione (PE X);
- classe di pressione in bar (PN Y);

- sistema di riconoscimento dei parametri di fusione (valido solo per raccordi a fusione).

8.2 Criteri di accettazione del materiale

La Direzione Lavori accetterà i materiali proposti solo dopo aver accertato la loro conformità agli elaborati di progetto e la loro idoneità alla realizzazione dell'impianto, in rispondenza alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale d'Appalto, ed in particolare che essi siano oggetto del marchio IIP-UNI con le limitazioni previste dalle norme di riferimento.
Solo a questo punto l'Impresa può approvvigionare i materiali in cantiere.

8.3 Posa in opera del materiale

8.3.1 *Trasporto*

Nel trasporto dei tubi i piani d'appoggio devono essere privi di asperità.
I tubi in rotoli devono essere appoggiati preferibilmente in orizzontale.
I tubi forniti in barre devono essere sostenuti per tutta la loro lunghezza per evitare di danneggiare le estremità a causa delle vibrazioni.
Le imbracature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con funi o bande di canapa o di nylon o similari, adottando gli opportuni accorgimenti in modo da non danneggiare in alcun modo i tubi.

8.3.2 *Carico, scarico e movimentazione*

Per il carico, il trasporto e lo scarico, nonché l'accatastamento dei tubi e l'immagazzinamento dei raccordi, l'Impresa dovrà far riferimento alle prescrizioni del D.M. del 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni" e alle raccomandazioni dell'Istituto Italiano Plastici (IIP).
Se il carico e lo scarico dai mezzi di trasporto e comunque la movimentazione saranno effettuati con gru o con il braccio di un escavatore, i tubi dovranno essere sollevati nella zona centrale con un bilancino di adeguate ampiezza.
Se invece queste operazioni saranno effettuate manualmente, l'Impresa dovrà evitare in ogni modo di far strisciare i tubi sulle sponde del mezzo di trasporto o, comunque, su oggetti duri ed aguzzi.

La Direzione Lavori dovrà assicurarsi che tutte le operazioni di carico, scarico e movimentazione avvengano correttamente.
Nel caso in cui alcuni tubi risultino danneggiati, dovranno essere identificati con la dicitura "da non usare" e segregati in apposita zona all'interno del cantiere. La Direzione Lavori valuterà le condizioni dei pezzi danneggiati e deciderà sugli opportuni provvedimenti da prendere.

8.3.3 *Accatastamento dei tubi*

Il piano d'appoggio destinato all'accatastamento dovrà essere livellato, esente da asperità e soprattutto da pietre appuntite.
L'altezza d'accatastamento per i tubi in barre non dovrà essere superiore a 1,5 m, indipendentemente dal diametro e dallo spessore. I tubi in rotoli dovranno essere appoggiati orizzontalmente e l'altezza dell'accatastamento non dovrà superare i 2 m.
Limitatamente ai tubi di diametro esterno superiore a 500 mm, è consigliabile armare internamente le estremità onde evitare eccessive ovalizzazioni.
Al termine dell'accatastamento dei tubi in cantiere, l'Impresa dovrà assicurarsi che i tappi di protezione delle testate siano collocati sulle stesse, al fine di prevenire l'alloggiamento all'interno dei tubi di foglie, polvere, piccoli animali, acque meteoriche etc..
Sarà a cura e spese dell'Impresa il corretto posizionamento dei tubi, al fine di evitare ogni possibile incidente dovuto a movimenti non previsti degli stessi.
Qualora i tubi vengano accatastati all'aperto per lunghi periodi, l'Impresa dovrà proteggerli dalle radiazioni UV, a sua cura e spese.

8.3.4 *Conservazione di raccordi, valvole e pezzi speciali*

L'Impresa dovrà predisporre, a sua cura e spese, tutte le misure necessarie affinché i materiali in polietilene approvvigionati e stoccati in cantiere siano riparati dalle radiazioni solari per evitare il rischio di degradazione dei polimeri e conseguente decadimento delle proprietà fisiche, chimiche e meccaniche.
I raccordi, le valvole e i pezzi speciali potranno essere imballati in modi differenti in funzione della forma, della dimensione e della modalità di trasporto; qualora siano forniti sfusi, l'Impresa dovrà aver cura di non accatastarli disordinatamente, così da evitare il danneggiamento per effetto degli urti tra loro e con eventuali materiali pesanti ivi presenti.
In particolare, i raccordi elettrosaldabili dovranno sempre essere forniti in confezioni apposite di materiale resistente, tale da proteggere da polveri, umidità, salsedine, raggi UV,

etc.. In particolare si dovrà evitare la vicinanza a fonti di calore e la diretta incidenza di radiazioni solari, fino all'atto del loro impiego.
Analoghe indicazioni valgono per la conservazione dei lubrificanti.

8.3.5 *Modalità e procedura di posa in opera*

8.3.5.1 Posa in opera

Per la verifica e la posa in opera delle tubazioni, l'Impresa farà riferimento alle prescrizioni del D.M. del 12/12/1985 "Norme tecniche relative alle tubazioni" e alle raccomandazioni dell'Istituto Italiano Plastici (IIP).
Prima della posa in opera, l'Impresa dovrà ispezionare singolarmente i tubi per scoprire eventuali difetti; inoltre gli eventuali raccordi, valvole, punte, bicchieri e guarnizioni dovranno essere integri. Nel caso in cui uno o più elementi non risultassero tali, sarà a cura e spese dell'Impresa la sostituzione con nuovi elementi integri.
Le operazioni di posa in opera dovranno essere eseguite da operatori esperti e con adeguati mezzi d'opera, al fine di evitare deformazioni plastiche e/o danneggiamento alla superficie esterna dei tubi, e comunque solo dopo aver verificato la rispondenza plano-altimetrica dei piani di posa, in funzione delle prescrizioni progettuali e/o della Direzione Lavori.
I tubi dovranno essere collocati nella precisa posizione risultante dai disegni di progetto, salvo disposizioni diverse da parte della Direzione Lavori.
Inizialmente, i tubi saranno allineati, sia in senso planimetrico sia in senso altimetrico, e rincalzati in vicinanza dei giunti. Successivamente, si dovrà fissare la loro posizione definitiva riferendosi ai picchetti di quota e di direzione, in modo che non si verifichino contro pendenze rispetto al piano di posa.
Prima di effettuare il collegamento fra i diversi elementi, tubi e raccordi dovranno essere ricontrollati per eventuali difetti ed accuratamente puliti alle estremità; quindi, i tubi dovranno essere fissati definitivamente nella loro posizione e rincalzati opportunamente lungo tutta la linea. Per questo scopo non potranno essere utilizzati cunei di metallo, di legno o pietrame.
Per i terminali dei tratti già collegati, che per un qualunque motivo debbano rimanere temporaneamente isolati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla loro chiusura ermetica, per evitare l'introduzione di materiali estranei.
Gli organi d'intercettazione (valvole, saracinesche e simili), che con il loro peso possono sollecitare i tubi, dovranno essere sostenuti con idonei supporti, in modo da non trasmettere le loro sollecitazioni alla condotta.

8.3.5.2 Rinfianchi e rinterri

Ultimata la posa dei tubi nello scavo, l'Impresa dovrà disporre sopra di essi lo strato di materiale granulare previsto a progetto, in ogni caso non inferiore a 20 – 25 cm misurati dalla generatrice superiore del tubo. Il materiale impiegato dovrà essere uguale a quello impiegato per la realizzazione del letto di posa.
La compattazione dello strato fino a circa 2/3 del tubo dovrà essere eseguita a mano, per formare strati successivi di 20 cm, avendo massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote al di sotto del tubo e che lo strato di rinfianco tra tubo e parete sia continuo e compatto.
La compattazione dovrà essere effettuata solo lateralmente al tubo, mai sulla sua verticale.
Per consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno, una delle estremità della tratta di condotta dovrà essere sempre mantenuta libera di muoversi, e l'attacco ai pezzi speciali o all'altra estremità della condotta dovrà essere eseguito solo dopo che il rinfianco è stato portato 5÷6 m circa oltre il pezzo stesso.

8.3.5.3 Sistemi di giunzione

Le giunzioni di tubi, raccordi e pezzi speciali di polietilene potranno essere realizzate mediante due sistemi:

- per saldatura: elettrofusione o saldatura testa a testa;
- per serraggio meccanico, tramite: giunto a bicchiere, filettatura, giunti metallici, raccordi in materiale termoplastico, flange.

Le saldature, di qualunque tipologia, dovranno essere eseguiti esclusivamente da personale specializzato, munito di certificato di abilitazione all'esecuzione di giunti saldati sui tubi di materia plastica di cui alla norma UNI 9737/2007 "Classificazione e qualificazione dei saldatori di materie plastiche - Saldatori con i procedimenti ad elementi termici per contatto con attrezzatura meccanica e a elettrofusione di tubi e raccordi in polietilene per il convogliamento di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione".

8.3.5.4 Attrezzature impiegate

Le attrezzature per la posa di tubazioni di PE si distinguono in:

- attrezzature per saldare;
- attrezzature complementari.

Le attrezzature per saldare devono essere dei tipi seguenti:

- saldatrici ad elementi termici per contatto (norma UNI 10565);

- saldatrici per elettrofusione (norma UNI 10566);
- saldatrici a termoelemento per saldare nel bicchiere.

Le attrezzature complementari sono quelle utilizzate per la lavorazione e la preparazione dei pezzi da saldare (raschiatori, taglia tubi, allineatori, morsetti, perforatori, riarrotondatori e posizionatori per prese, chiavi , etc.).
Le saldatrici e tutte le attrezzature che l'Impresa riterrà opportuno impiegare per il montaggio delle tubazioni in HDPE, dovranno sempre e comunque essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

8.3.5.5 Sicurezza e rispetto della normativa elettrica

Poiché le operazioni di saldatura potrebbero dover essere eseguite in ambiente umido e, in taluni casi, anche in presenza di acqua, l'Impresa potrà impiegare solo saldatrici alimentate elettricamente certificate, in modo che sia garantita l'incolumità e la sicurezza del personale addetto.
Per quanto sopra, le saldatrici devono essere costruite ed usate nel rispetto delle seguenti norme:

- norma CEI 107/1 "Norme generali di sicurezza per gli apparecchi elettrotermici d'uso domestico e similare";
- norma CEI 107/50 "Ferri per saldare e apparecchi similari - Norme particolari di sicurezza";
- norma CEI 64/8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in c.a. e 1500V in c.c".

8.3.5.6 Saldatura per elettrofusione

Questo sistema di saldatura consente collegamenti fra tubo e tubo, fra tubo e raccordo, mediante un elemento con resistenza elettrica incorporata (manicotti elettrici); è di semplice realizzazione e facilmente attuabile, soprattutto per diametri medio - piccoli; inoltre non richiede la totale omogeneità tra tubi e/o raccordi da collegare.
La saldatura viene realizza con l'ausilio di manicotti elettrici i quali, prodotti per stampaggio, contengono delle resistenze in grado di fondere il materiale delle superfici di contatto tra tubo o raccordo e manicotto.
La saldatura viene effettuata inserendo le estremità del tubo o del raccordo nelle apposite sedi del manicotto e collegando le resistenze di quest'ultimo alla relativa saldatrice.
Per l'esecuzione della saldatura per elettrofusione, l'Impresa deve far riferimento alla norma UNI 10521 "Saldatura di materie plastiche. Saldatura per elettrofusione. Saldatura

di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione".

Saldatrici

Le saldatrici sono costituite da un dispositivo erogatore di energia che può essere a comando manuale, semiautomatico o automatico, caratterizzando i vari tipi di saldatrici. Questi dispositivi regolano la quantità di energia in funzione a quanto viene loro richiesto dal circuito elettrico incorporato nell'elemento elettrosaldabile.
Ogni saldatrice potrà essere impiegata solamente per i raccordi elettrosaldabili per cui è stata abilitata; infatti non è possibile saldare elementi elettrosaldabili con saldatrici appartenenti a sistemi diversi.
Sono in commercio specifiche apparecchiature polivalenti che consentono di saldare elettrosaldabili appartenenti a diversi sistemi, in quanto l'impostazione dei dati di saldatura avviene in maniera automatica, mediante l'ausilio di codici a barre, carte magnetiche o sistemi equivalenti. In ogni caso, queste saldatrici devono essere dotate di dispositivi in grado sia di verificare la resistenza elettrica degli elettrosaldabili prima della saldatura, che di intervenire automaticamente per l'interruzione dell'energia, a saldatura avvenuta.
Per eseguire la saldatura per elettrofusione è inoltre richiesto l'impiego di attrezzature quali tagliatubi, raschiatori di tipo manuale o meccanico, allineatori, riarrotondatori, posizionatori per prese a settore.
Ai fini della sicurezza dell'operatore, l'Impresa è obbligata ad impiegare saldatrici costruite nel rispetto della norma UNI 10566 "Saldatrici per elettrofusione ed attrezzature ausiliarie impiegate per l'esecuzione di giunzioni di tubi e/o raccordi in polietilene (PE), mediante raccordi elettrosaldabili, per il trasporto di gas combustibile, di acqua e di altri fluidi in pressione. Caratteristiche e requisiti, collaudo, manutenzione e documenti".

Preparazione per la saldatura

Prima dell'inizio del ciclo di saldatura, l'Impresa dovrà eseguire, ove necessario a sua cura e spesa, le operazioni volte a garantire le migliori condizioni di lavoro e, di conseguenza, ad aumentare l'affidabilità della giunzione.

<u>Verifica delle condizioni ambientali</u>

La saldatura deve essere eseguita in un campo di temperatura ambiente compreso tra -5 °C e +40 °C; non è ammesso l'impiego di cannelli ad aria calda o bruciatori a diretto contatto con le superfici da saldare per innalzare la loro temperatura.

L'esecuzione delle saldature dovrà avvenire in un luogo possibilmente asciutto; in caso di pioggia, elevato grado di umidità, vento, eccessivo irraggiamento solare, etc., l'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per proteggere la zona di saldatura.

Controllo dei materiali

L'Impresa dovrà effettuare l'esame visivo e dimensionale dei materiali da saldare. In particolare dovrà verificare che la superficie interna ed esterna dei tubi e/o dei raccordi, in prossimità delle estremità da saldare, siano esenti da intagli, sbeccature o altro: eventuali discontinuità dovranno essere eliminate asportando per taglio, il tratto di tubo che lo contiene.

Si dovranno correggere eventuali ovalizzazioni dei tubi superiori all'1,5%, mediante appositi congegni arrotondatori e/o allineatori, al fine di riportare le dimensioni entro i valori normati; non è comunque ammesso il riscaldamento delle estremità per recuperare eventuali ovalizzazioni o ridurre la curvatura dei tubi.

Infine si dovrà verificare che l'estremità del tubo, opposta alla zona di saldatura, sia sigillata con tappo di protezione di plastica per evitare l'effetto di correnti d'aria durante la fase di saldatura.

Preparazione degli elementi da saldare

Le superfici interna ed esterna dei tubi dovranno essere accuratamente pulite da unto, polvere, tracce di fango e quant'altro possa viziare il futuro esercizio della tubazione, impiegando panni puliti che non rilascino fibre o carta morbida e apposito liquido detergente (ad esempio alcool isopropilico, cloruro di metilene, alcole etilico, tricloroetano o clorotene).

Su tutta la superficie esterna da saldare, sia dei tubi che dei codoli dei raccordi, si dovrà asportare lo strato di ossidazione superficiale mediante appositi raschiatori automatici, semiautomatici o manuali. Non è consentito l'utilizzo di tela smeriglio, raspe o altri attrezzi di fortuna per l'asportazione.

La lunghezza del tubo sottoposto a raschiatura dovrà risultare maggiore della lunghezza del raccordo elettrosaldabile per un tratto di almeno 10 mm di ciascuna estremità. Questa operazione dovrà essere eseguita in modo omogeneo ed uniforme su tutta la superficie esterna del tubo interessata alla saldatura e realizzata per una profondità di:

- 0,1 mm per tubi con diametri uguali o inferiori a 63 mm;
- 0,2 mm per tubi con diametri superiori a 63 mm;

Il raccordo elettrosaldabile non dovrà essere sottoposto a raschiatura.

Posizionamento degli elementi da saldare

Prima di inserire il raccordo elettrosaldabile, si dovrà segnare sulle testate da congiungere la profondità d'inserimento dell'elettrosaldabile mediante una matita cerosa per circa 1/3 della circonferenza degli elementi da congiungere.
Quindi, si inserirà le testate nell'elettrosaldabile e si bloccherà la giunzione nell'allineatore.
Infine, dovranno essere verificati il corretto inserimento dell'elettrosaldabile sugli elementi da saldare e la loro coassialità.

Saldatura

L'Impresa dovrà eseguire la saldatura attenendosi scrupolosamente alle direttive impartite dal Costruttore degli elettrosaldabili e della saldatrice.
Le parti saldate dovranno restare bloccate fino al completamento dell'operazione di saldatura ed essere mantenute tali fino a raffreddamento avvenuto per un tempo comunque non inferiore a 20 minuti, evitando tutte le possibili sollecitazioni esterne.
L'Impresa dovrà registrare i parametri di saldatura adottati per l'esecuzione di ogni singolo giunto in un verbale di saldatura.

8.3.5.7 Saldatura mediante elementi termici di contatto (testa a testa)

Questo sistema di saldatura consente l'esecuzione di giunzioni di due prodotti (tubi e/o raccordi) di uguale spessore, mediante l'impiego di saldatrici ad elemento termico per contatto (saldatrici a piastra).
Le giunzioni sono eseguite normalmente fuori opera ma, quando le condizioni lo consentono, anche in opera.
Il sistema di saldatura è idoneo soprattutto per grandi diametri.
La saldatura viene realizzata con l'ausilio di una saldatrice a piastre composta da ganasce per bloccare ed allineare le estremità dei tubi da saldare, una fresa per spianare e rifinire le testate, da una piastra riscaldata che mediante contatto fonde alcuni mm di PE sulle testate affinché realizzino la saldatura.
Seguendo un opportuno ciclo, le estremità delle tubazioni vengono rifinite, riscaldate fino allo stato plastico per contatto con la termopiastra e quindi unite a pressione fino ad ottenere un corpo unico.
Per l'esecuzione della saldatura mediante elementi termici di contatto, l'Impresa dovrà far riferimento alla norma UNI 10520 " Saldatura di materie plastiche. Saldatura ad elementi termici per contatto. Saldatura di giunti testa a testa di tubi e/o raccordi in polietilene per il trasporto di gas combustibili, di acqua e di altri fluidi in pressione".

Saldatrici

Le saldatrici sono costituite da: basamento (telaio), due elementi di guida e due carrelli (uno mobile ed uno fisso), su ciascuno dei quali trovano posto almeno due ganasce.
La pressione per la traslazione del carrello scorrevole viene fornita da una centralina con pompa e distributore a funzionamento manuale o elettroidraulico.
Sono vietate le macchine saldatrici in cui la traslazione delle morse avviene per movimento meccanico manuale e la pressione di saldatura avviene mediante molle.
La fresa utilizzata per la spianatura delle testate dovrà essere elettrica e adatta a lavorare le testate da saldare in maniera piana ed ortogonale all'asse del tubo e/o raccordo.
Il termoelemento (termopiastra) deve mantenere una temperatura costante, sulle superfici piane ricoperte con appropriati rivestimenti antiaderenti.
In ogni caso le attrezzature impiegate dovranno garantire:

- la perfetta coassialità delle testate;
- l'adeguato parallelismo tra le superfici da saldare;
- la regolazione e il controllo dei parametri di saldatura (pressione, temperatura, tempo).

Ai fini di garantire la sicurezza dell'operatore, l'Impresa sarà obbligata ad impiegare saldatrici costruite nel rispetto della norma UNI 10565 " Saldatrici da cantiere ad elementi termici per contatto impiegate per l'esecuzione di giunzioni testa/testa di tubi e/o raccordi in polietilene (PE), per il trasporto di gas combustibile, di acqua e di altri fluidi in pressione. Caratteristiche e requisiti, collaudo, manutenzione e documenti".

Preparazione per la saldatura

Prima dell'inizio del ciclo di saldatura, l'Impresa dovrà eseguire, ove necessario a sua cura e spesa, le operazioni volte a garantire le migliori condizioni di lavoro e, di conseguenza, ad aumentare l'affidabilità della giunzione.

<u>Verifica delle condizioni ambientali</u>

La saldatura dovrà essere eseguita in un campo di temperatura ambiente compreso tra -5 °C e +40 °C.
Non sarà ammesso l'impiego di cannelli ad aria calda o bruciatori a diretto contatto con le superfici da saldare, per innalzare la loro temperatura.
L'esecuzione delle saldature dovrà avvenire in un luogo possibilmente asciutto; in caso di pioggia, elevato grado di umidità, vento, eccessivo irraggiamento solare, etc., l'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per proteggere la zona di saldatura.

Controllo della saldatrice

Oltre alle verifiche di integrità e funzionamento sulla centralina idraulica, fresatrice e strumentazione, si dovrà controllare l'efficienza della termopiastra.
La massima differenza ammessa tra la temperatura impostata e quella rilevata in un punto qualunque del termoelemento con un termometro digitale tarato non deve essere superiore a + 10°C.

Controllo dei materiali

L'Impresa dovrà effettuare l'esame visivo e dimensionale dei materiali da saldare. In particolare dovrà verificare che la superficie interna ed esterna dei tubi e/o dei raccordi, in prossimità delle estremità da saldare, siano esenti da intagli e graffiature rilevanti e che siano rispettate le tolleranze relative allo spessore, al diametro esterno "qualunque" e all'ovalizzazione massima consentita dalle norme di prodotto applicabili.
Nel caso in cui l'ovalizzazione risulti eccessiva, si potrà fare uso di attrezzi arrotondatori; non sarà comunque ammesso il riscaldamento delle estremità.
Inoltre dovrà essere verificato che l'estremità del tubo opposta alla zona di saldatura sia sigillata con tappo di protezione.

Preparazione delle testate

Le testate dovranno essere accuratamente pulite da unto, polvere, tracce di fango e quant'altro possa viziare il futuro esercizio della tubazione, impiegando panni puliti che non rilascino fibre e apposito liquido detergente (ad esempio alcool isopropilico, cloruro di metilene, tricloroetano o clorotene).
Si dovrà controllare scrupolosamente che:

- il disassamento massimo fra le due teste non sia superiore al 10% dello spessore degli elementi da saldare, con un massimo di 2 mm;
- il parallelismo delle superfici spianate, avvicinando le parti, non presenti in nessun punto una luce superiore a:
- 0,3 mm fino a De 200 mm;
- 0,5 mm fino a De 400 mm;
- 1,0 mm oltre De 450 mm.

Nel caso in cui uno dei due controlli non risulti soddisfacente, l'Impresa dovrà procedere nuovamente alle fasi di serraggio, fresatura ed eventuale pulizia, al fine di garantire il buon allineamento delle testate.

Selezione dei parametri di saldatura

I parametri di saldatura dipendono dallo spessore dei tubi e raccordi impiegati ed in particolare:

- la temperatura del termoelemento dovrà essere pari a:
- T = 210°C ± 10°C, per spessori ≤ 12 mm;
- T = 200°C ± 10°C, per spessori > 12 mm.
- i valori delle spinte da applicare:
- per le fasi di preriscaldamento e saldatura, dovranno essere tali per cui le superfici a contatto siano soggette ad una pressione pari a 0,15 N/mm2, riferita alla superficie della corona circolare del tubo;
- per la fase di riscaldamento, dovranno essere tali per cui le superfici a contatto siano sempre soggette ad una pressione non superiore a 0,02 N/mm2, riferita alla superficie della corona circolare del tubo.

I valori di pressione, che dipendono dal tipo di saldatrice impiegata, si ricavano direttamente dalle tabelle fornite dal Costruttore oppure possono essere calcolati conoscendo la sezione del cilindro di spinta del circuito di comando.
Le indicazioni fornite dal manometro della saldatrice dovranno corrispondere alle spinte calcolate o alle pressioni indicate dalla tabella: le pressioni di preriscaldamento (P1) e di saldatura (P5) dovranno essere aumentate del valore dell'attrito (pressione di trascinamento) che la macchina incontra, sia per l'avvicinamento delle testate, sia per il trascinamento della barra e/o raccordo da saldare. La pressione di trascinamento è la minima pressione letta sul manometro che permette il movimento relativo delle due testate precedentemente fissate al supporto mobile della saldatrice. Il suo valore dipende principalmente dal peso degli elementi da unire e non dovrà risultare superiore al valore delle pressioni P1 e P5, si misura sperimentalmente e dovrà sempre essere verificato dall'operatore prima di ogni saldatura.

Ciclo di saldatura

La saldatura dovrà essere effettuata seguendo le fasi del ciclo di saldatura riportate di seguito:

- Fase 1 (accostamento e preriscaldamento delle testate): le superfici di saldatura dovranno essere premute contro il termoelemento con una forza di 0,15 N per ogni mm2 di superficie della corona circolare interessata alla saldatura, a cui va aggiunta la pressione di trascinamento, fino al formarsi di un cordolo regolare su tutta la circonferenza la cui dimensione è specificata nelle tabelle approntate dal

Costruttore della saldatrice, così come tutti i tempi necessari al procedimento (t1, t2,t3, t4, t5);

- Fase 2 (riscaldamento): le superfici dovranno aderire al termoelemento ad una pressione minima (0,02 N/mm2);
- Fase 3 (rimozione del termoelemento): trascorso il tempo di riscaldamento t2, le superfici di saldatura dovranno essere allontanate rapidamente dal termoelemento, che dovrà essere tolto, e quindi riavvicinate in un tempo pari a t3;
- Fase 4 (raggiungimento della pressione di saldatura): avvicinate le superfici di saldatura, la pressione dovrà essere aumentata gradualmente e senza sbalzi in un tempo t4, fino a 0,15 N/mm2 a cui va aggiunta la pressione di trascinamento;
- Fase 5 (saldatura): il tempo t5 necessario per raggiungere la pressione ottimale è correlato allo spessore del tubo;
- Fase 6 (raffreddamento): si dovrà evitare nel modo più assoluto qualsiasi raffreddamento brusco della saldatura (ottenuto, ad esempio, con aria o acqua).

Al termine del tempo di saldatura in pressione sarà possibile liberare il tubo dalle ganasce, avendo cura di non sottoporlo a sollecitazioni apprezzabili prima che il raffreddamento sia completato. In questo periodo si dovrà anche proteggere la zona di saldatura dagli agenti atmosferici (pioggia, vento, umidità, eccessivo irraggiamento solare, etc.).

I valori dei tempi e delle pressioni di preriscaldamento, riscaldamento e saldatura sono rilevabili dalla tabella della macchina e sono validi a temperatura ambiente (20°C) in assenza di correnti d'aria.

Il cordolo formatosi durante la saldatura dovrà essere, per quanto possibile, regolare ed uniforme e dovrà corrispondere alle dimensioni previste dalla tabella della norma UNI 10520.

L'Impresa dovrà eseguire la saldatura attenendosi scrupolosamente alle direttive impartite dal Costruttore degli elettrosaldabili e della saldatrice.

L'Impresa dovrà registrare i parametri di saldatura adottati per l'esecuzione di ogni singolo giunto in un verbale di saldatura.

8.3.5.8 Giunto a bicchiere

La giunzione mediante giunto a bicchiere è idonea solo per basse pressioni di esercizio.

Il giunto a bicchiere stampato in PE viene saldato in stabilimento su una delle estremità della barra del tubo. Il bicchiere presenta una forma leggermente svasata, tale da poter ricevere l'estremità opposta di un altro tubo; la tenuta viene realizzata comprimendo nello spazio tra parete del tubo e quella del bicchiere un'idonea guarnizione.

8.3.5.9 Filettatura

In questo tipo di giunzione, i giunti sono composti da innesti filettati maschio/femmina, saldati in stabilimento sulle estremità della barra del tubo.
L'avvitamento dovrà essere effettuato fino in fondo, ma senza forzare eccessivamente.
Questo sistema è consigliato per la posa dei tubi impiegati per la captazione del biogas.

8.3.5.10 Giunti metallici

Esistono diversi tipi di giunti metallici, a compressione e a innesto. Alcuni non effettuano il graffaggio del tubo esterno (es. giunti universali o dedicati), altri presentano un sistema di graffaggio antisfilamento sulla circonferenza esterna del tubo.

8.3.5.11 Raccordi in materiale termoplastico

Vengono usati vari tipi di raccordi a compressione in materiale termoplastico, nei quali la giunzione viene effettuata con l'uso di un sistema di graffaggio sull'esterno del tubo.

Qualunque tipologia di raccordo dovrà comunque rispondere ai requisiti prescritti dalla norma UNI 9561 "Raccordi a compressione mediante serraggio meccanico a base di materiali termoplastici per condotte di polietilene per liquidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti" e pertanto verificati con i relativi metodi di prova prescritti nella norma UNI 9562 "Raccordi a compressione mediante serraggio meccanico a base di materiali termoplastici per condotte di polietilene per liquidi in pressione. Metodi di prova".

8.3.5.12 Giunzioni mediante flangiatura

Flangiatura a saldare

Per questo tipo di giunzione si utilizzano flange scorrevoli infilate su collari in PE saldabili mediante saldatura ad elementi termici per contatto o per elettrofusione.
I collari, data la resistenza che dovranno esercitare, saranno prefabbricati per stampaggio dal fornitore dei tubi.
Le flange vengono quindi collegate con bulloni o tiranti di lunghezza appropriata, utilizzando idonee guarnizioni. L'inserimento di guarnizioni è consigliata in tutti i casi.
Le flange, a seconda dell'uso della condotta, potranno essere di materiale metallico o termoplastico; a collegamento avvenuto, flange e bulloni potranno essere convenientemente protetti contro la corrosione.

Flangiatura a compressione

Si potranno utilizzare flange mobili a serraggio meccanico dotate di guarnizione conica in cui inserire il tubo; la guarnizione stessa funge da tenuta con la controflangia.
È indispensabile l'inserimento di una boccola di rinforzo all'interno del tubo, per evitare eventuali collassi dello stesso.
Tale flangia può essere dotata di ghiera antisfilamento.
Vi sono inoltre altri sistemi di flangiatura, costituiti da giunti di collegamento di tipo universale, con gamma dei diametri d'accoppiamento variabile da un lato, e dall'altro dotati di flangia di collegamento. Tali giunti flangiati devono avere boccola di rinforzo all'interno del tubo. Il giunto può avere funzione antisfilamento.
Tutti i sistemi di flangiatura a compressione possono essere utilizzati come giunti di smontaggio.

8.4 Collaudo idraulico per tubazioni in pressione

Il collaudo si dovrà eseguire sulla tubazione installata, compresi i relativi raccordi e tutti gli organi di intercettazione, se questi sono dimensionati per la pressione di prova. Se invece gli accessori non sono adatti alla pressione di collaudo, dovranno essere esclusi mediante inserimento di dischi di intercettazione.
Le prove di collaudo sono di due tipi:

- collaudo tradizionale;
- collaudo aggiornato (con riferimento ai progetti EN),

e potranno essere effettuate indifferentemente a discrezione della Direzioni Lavori.

8.4.1 *Collaudo tradizionale*

Si verifica la tenuta della condotta a breve durata con una pressione superiore alla pressione nominale della linea. Durante la prova preliminare si deve creare nella tubazione un equilibrio tra tensione e dilatazione, che avrà come risultato un aumento di volume della condotta.
La prova idraulica dei tubi in PE in opera è da effettuare su tratte non più lunghe di 500 m, per evitare problematiche sia durante il collaudo (rabbocco liquido, controllo giunzioni, presenze sacche d'aria) sia in caso di rottura della saldatura (svuotamento totale e riempimento in linea).
La tubazione deve essere bloccata nella sua sede con terra vagliata o sabbia, lasciando possibilmente tutte le saldature scoperte per i controlli di tenuta.

La quasi totale copertura del tubo da collaudare eviterà sbalzi di temperatura nelle varie ore del giorno e della notte, consentendo una definizione più precisa della quantità di acqua aggiunta durante le ore di collaudo.

Dopo la copertura parziale del tubo, come sopra accennato, si deve riempire la linea con acqua dal punto più basso della condotta, sfiatando la stessa in vari punti per eliminare totalmente le sacche d'aria.

Alla fine dell'operazione di riempimento e di sfiato si procederà con la prova di pressione preliminare per una durata di 6 ore complessive e con pressione di 1,5 PN che non deve superare assolutamente il valore PN + 5 bar.

Nel punto di pompaggio deve essere installato, oltre ad un manometro di pressione, anche un manometro registratore (pressione e tempo), permettendo così di documentare l'andamento della prova idraulica e un contatore volumetrico.

La pompa deve essere attivata ogni ora per ripristinare la pressione di prova ed il contatore presente nell'unità di pressurizzazione deve conteggiare il volume del liquido aggiunto.

I dati dovranno essere annotati nel protocollo di collaudo.

Durante le 6 ore il tubo si dilaterà sotto la pressione interna e raggiungerà una perdita di pressione fino a 0,8 bar/h. Ad una temperatura di 20°C il volume può aumentare fino al 3%.

Se la temperatura è più bassa di 20°C (ad esempio di notte) la dilatazione avrà valori più contenuti.

Durante l'operazione di pre - collaudo si dovrà controllare la tenuta delle giunzioni e i raccordi flangiati saranno da rinserrare ciclicamente; durante queste operazioni, occorre prestare attenzione al pericolo di incidente in caso di improvvisa perdita della linea, prevedendo adeguate protezioni all'operatore.

Al termine della prova preliminare, che deve terminare senza alcuna perdita dalle giunzioni, si procede con la prova principale, abbassando la pressione interna ad un livello di 1,3 PN che non deve superare il valore PN + 3 bar. Questa prova dura 6 ore ed ogni ora deve essere rilevata la pressione interna che indicativamente può scendere di 0,3 bar/h. Non deve essere ripristinata la pressione fino al termine della prova. Il collaudo si ritiene positivo quando Δp=1,8 bar (differenza tra pressione iniziale e pressione finale).

Durante la prova principale si controllano, da parte dell'operatore, tutte le giunzioni senza che si riscontri alcuna perdita visibile.

A collaudo terminato sarà redatto un protocollo, che dovrà essere firmato dall'impresa esecutrice e dalla Direzione Lavori.

8.4.2 *Collaudo aggiornato*

Si verifica la tenuta della condotta con procedimenti particolarmente rapidi utilizzando il "metodo a contrazione" (variazione del volume modificando la pressione).
Il principio di questo metodo sfrutta le caratteristiche viscoelastiche del polietilene, in quanto abbassando la pressione interna della condotta la contrazione della tubazione mantiene la pressione ad un livello stabile per un breve periodo.
Gli elementi necessari per il collaudo sono: unità di prova idraulica composta da motopompa, vasca di stoccaggio liquido da integrare, valvole di sfiato e di regolazione, registratore di pressione, manometro di precisione, termometro, conta litri o serbatoio di recupero graduato per la rilevazione del volume scaricato (suddivisione ≤5% del volume richiesto).
Le tubazioni dovranno essere coperte in tutta l'estensione di collaudo, per non far loro superare la temperatura massima 20°C.

8.4.2.1 Prova preliminare

Le operazioni da effettuarsi per la prova preliminare sono:

1- riempire la condotta con acqua avente temperatura inferiore a 20°C ad una velocità superiore a 1 m/s sfiatandola e traboccandola per evitare sacche d'aria. Chiudere la valvola di alimentazione dell'acqua e lasciare assestare la condotta per almeno 1 h (fase di assestamento).
2- mettere in pressione la condotta alla pressione di collaudo, Pcoll, di 1,5 PN, non superando PN +5 bar, in un tempo massimo di 10 minuti.
3- mantenere la PColl per 30 minuti ripristinando la caduta di pressione al valore PColl (fase di mantenimento).
4- controllare nella successiva ora (fase di dilatazione) le variazioni di pressione rispetto alla PColl, che non devono essere superiori al 30%. Se la caduta di pressione è superiore al 30% si interrompe la prova, si eliminano le cause delle perdite e, dopo un riposo delle tubature di almeno un'ora, si riprende il collaudo.

È necessario il superamento di questa prova per eseguire la prova principale.

8.4.2.2 Prova principale

A seguito della prova preliminare eseguita con esito positivo, si procede alla diminuzione di pressione (Pabb); per i successivi 30 minuti si deve controllare l'andamento

della pressione (si può estendere fino a 1,5 ore per ottenere una valutazione più sicura dei risultati).

Se il valore di caduta di pressione rilevata dopo 30 minuti è ≤0,25 bar rispetto al valore massimo rilevato in questa fase, si procede al controllo di verifica del risultato prendendo in considerazione il volume dell'acqua scaricato durante la riduzione di pressione.

Se la quantità del liquido è inferiore a quello calcolato il collaudo è positivo; se invece è superiore, la prova deve essere ripetuta.

8.5 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento per le tubazioni lisce è la seguente:

- UNI EN 12201-1:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Generalità";
- UNI EN 12201-2:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Tubi";
- UNI EN 12201-3:2004 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Raccordi";
- UNI EN 12201-4:2002 "Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Valvole";
- UNI EN 12201-5:2004 " Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua - Polietilene (PE) – Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema";
- UNI 7613:1976 + SS UNI E13.08.623.0:1998 "Tubi di polietilene ad alta densità' per condotte di scarico interrate. Tipi, dimensioni e requisiti";
- UNI 7615:1976 "Tubi di polietilene ad alta densità'. Metodi di prova";
- UNI 7616:1976 + A90:1979 "Raccordi di polietilene ad alta densità' per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova";
- UNI EN 1092-1:2003 "Flange e loro giunzioni. Flange circolari per tubazioni, valvole, raccordi e accessori designate mediante PN. Flange di acciaio".

9 TERRE RINFORZATE

Il rilevato al piede della discarica sarà realizzato con la tecnica delle terre rinforzate, avrà uno sviluppo di circa 300med un'altezza di 10 + 9 m con paramenti interni ed esterno con inclinazione di 60° rispetto all'orizzontale.

9.1 Caratteristiche delle geogriglie di rinforzo

Per la realizzazione del rilevato in terre rinforzate sono previste geogriglie con resistenza caratteristica minima di 50 kN/m, posate con interasse di 0.5 m e risvolto di almeno 2 m. In fase di progettazione esecutiva verrà eseguito specifico dimensionamento.

In particolare le geogriglie dovranno essere:

- resistenti ad agenti chimici presenti nel terreno;
- resistenti alle sollecitazioni meccaniche;
- inattaccabili da microrganismi, insetti, muffe e roditori;
- imputrescibili;
- resistente all'invecchiamento.

Il materiale impiegato deve essere certificato secondo le norme ISO 9001 ed essere conforme ai requisiti della direttiva CE come materiale da rinforzo (R).

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche nominali minime.

CARATTERISTICHE	NORMA	UNITÀ DI MISURA	VALORI DI RIFERIMENTO
Polimero della griglia	-	-	PET
Polimero del rivestimento	-	-	PE o PVC(*)
Massa areica	EN ISO 9864	g/m^2	$\geq$ 250
Spessore a 2 kPa	EN ISO 9863-1	mm	$\geq$ 0.8
Resistenza alla trazione	EN ISO 10319	kN/m	$\geq$ 50 (L) $\geq$ 5 (T)
Deformazione al carico massimo	EN ISO 10319	%	$\leq$ 12 (L)

(*) = in ogni caso la resistenza deve essere garantita anche in caso di ambiente aggressivo per valori del pH compresi tra 4 e 10 mediante fornitura di certificazione

Tabella 9.1: Caratteristiche minime principali della geogriglia di rinforzo

Per il calcolo della resistenza a breve ed a lungo termine delle geogriglie si rimanda alla Relazione Geotecnica e di calcolo strutturale R05.

9.2 Caratteristiche del terreno di riempimento

Il materiale di riempimento delle terre rinforzate dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- Granulometria (ASTM D422): passante a 0.063 mm (setaccio ASTM200) <15%
- Limiti di Atterberg (ASTM D4318): indice di plasticità (IP) <10;
- Angolo di resistenza a taglio non inferiore a 30°. L'angolo deve essere preventivamente accertato attraverso prove di resistenza sul materiale che si intende impiegare compattato al 90% della densità ottima ottenuta con metodo ASTM Standard – metodo Proctor (ASTM D698).

9.3 Modalità esecutive

Dopo aver predisposto un piano di posa stabile e compatto, si posizionano lungo il primo strato da realizzare dei casseri mobili in legno.

L'utilizzo dei casseri consente, oltre che un'adeguata compattazione del terreno di riempimento, anche di ottenere una scarpata dalla pendenza stabilita.

Tale casseratura consiste in un telaio in profilati o tubi metallici posizionati con interasse pari a un metro e tavole in legno.

Per la realizzazione delle terre rinforzate si ripete il seguente ciclo di fasi per realizzare un modulo di terra rinforzata:

1- Posizionamento dei supporti e del cassero di contenimento lungo la scarpata;
2- Posa della geogriglia con lunghezza di ancoraggio come previsto nel progetto, lasciandola fuoriuscire dal cassero per una lunghezza sufficiente ad eseguire un risvolto di lunghezza minima di 2.0 m;
3- Stesura del terreno di riempimento per strati di circa 30 cm di spessore e compattazione con un rullo compressore con caratteristiche idonee a ottenere almeno il 90% della densità ottima del Proctor Standard. In prossimità del paramento si eseguirà la compattazione mediante una piastra vibrante o altro mezzo idoneo a costipare il terreno senza danneggiare il cassero;
4- Ripiegamento della geogriglia avendo cura di metterla in tensione;
5- Riempimento finale e completamento dello strato;
6- Allontanamento del cassero dalla sua posizione e prosecuzione del ciclo, ripartendo dalla fase 1.

9.4 Controlli in corso d’opera

Il raggiungimento delle performance indicate nei capitoli precedenti dovrà essere verificata attraverso idonee prove di campo con frequenza da definirsi.
In particolare si potranno effettuare prove di carico su piastra (1 ogni strato) e prove di densità in situ (2 ogni strato).

10 CALCESTRUZZI

Il calcestruzzo è un materiale composito che si ottiene per miscelazione di cemento, aggregati (grossi e fini in proporzioni opportune) ed acqua e per successivo indurimento della pasta cementizia. Oltre a questi componenti, il calcestruzzo può contenere additivi e/o aggiunte.
La miscela cementizia che l'Impresa deve impiegare per la realizzazione delle opere oggetto del presente Capitolato ed essere del tipo " a prestazione garantita".
Il calcestruzzo può essere miscelato in cantiere, preconfezionato o prodotto in un impianto per componenti di calcestruzzo prefabbricato.
L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge del 5/11/1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica", nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 09/01/96 e successivi aggiornamenti).
Per le specifiche, prestazioni, produzione e conformità del calcestruzzo l'Impresa deve far riferimento alla norma UNI EN 206-1:2000 "Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità". In particolare tale norma si applica al calcestruzzo per strutture gettate in sito, strutture prefabbricate e componenti strutturali per edifici e strutture di ingegneria civile.

10.1 Caratteristiche delle materie prime

I materiali impiegati per la formazione del calcestruzzo devono rispondere alle caratteristiche indicate dalle norme vigenti in materia in merito a cemento, aggregati, acqua, aggiunte ed additivi.
In particolare non devono contenere sostanze nocive in quantità tali da compromettere la durabilità del calcestruzzo e/o da causare la corrosione delle armature e devono essere idonei all'impiego previsto nel calcestruzzo.

10.1.1 *Cemento*

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

I cementi impiegati devono soddisfare ai requisiti previsti dalla Legge 26/05/1965 n. 595 ed essere conformi alla norma UNI EN 197-1:2007 "Cemento - Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni".

Essi sono raggruppati in cinque tipi principali come segue:

- CEM I: cemento Portland;
- CEM II: cemento Portland composito;
- CEM III: cemento d'altoforno;
- CEM IV: cemento pozzolanico;
- CEM V: cemento composito.

In particolare il cemento da impiegarsi per realizzare opere impermeabili verso l'esterno (quali pozzi, vasche di raccolta acque di prima pioggia, platee di fondazioni, etc.) dovrà avere caratteristiche conformi anche alle "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei leganti idraulici" del D.M. 14/01/1966, modificato con D.M. 03/06/1968 e D.M. 31/08/1972 n. 287 ed aggiornamenti successivi.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi, l'Impresa deve far riferimento anche alle seguenti norme:

- UNI 9156:1997 "Cementi resistenti ai solfati. Classificazioni e composizione";
- UNI EN 197-2:2001 "Valutazione della conformità";
- UNI 8981-1:1999 "Durabilita' delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Definizioni ed elenco delle azioni aggressive";
- UNI 9606:1997 "Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione".

10.1.2 *Aggregati*

Gli aggregati sono costituiti da elementi minerali granulare integri o frantumati, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo.

Devono essere privi di elementi gelivi e friabili, sostanze organiche, polverulente e scistose, limose ed argillose, gesso, solfati solubili, pirite, pirrotite, marcasite, etc..

Vengono considerati idonei:

- gli aggregati normali e pesanti conformi alla norma UNI EN 12620:2008 "Aggregati per calcestruzzo";
- gli aggregati leggeri conformi alla norma UNI EN 13055-1:2003 "Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione".

Le caratteristiche degli aggregati devono essere rispondenti alle norme UNI EN 8520-1:2005 "Aggregati per confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche" e UNI 8520-2:2005 "Aggregati per confezione di calcestruzzi. Requisiti".

Nel caso in cui gli aggregati contengano composti silicei suscettibili di attacco da parte degli alcali (ioni sodio e potassio provenienti dal cemento o da altri materiali presenti nella miscela cementizia) e il calcestruzzo sia esposto ad un ambiente umido, l'impresa deve prendere idonei provvedimenti, previa approvazione della Direzione Lavori, per prevenire eventuali reazioni dannose tra alcali e silice.
L'assortimento granulometrico delle miscele deve essere realizzato impiegando almeno due classi granulometriche diverse. L'impiego di aggregati in frazione unica è permesso solo per calcestruzzi di classe di resistenza < 12/15.
La dimensione massima dell'aggregato deve essere tale da permettere all'impasto di riempire ogni parte del manufatto, tenendo conto della sua lavorabilità, dell'armatura metallica e relativo copriferro (se presenti), delle caratteristiche geometriche della carpenteria, delle modalità di getto e di messa in opera.

10.1.3 *Acqua di impasto*

L'acqua per gli impasti deve rispettare le prescrizioni della norma UNI EN 1008:2003 "Acqua d'impasto per il calcestruzzo. Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo".

10.1.4 *Additivi*

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità (in massa) rispetto al cemento, inducono le modifiche richieste delle proprietà del calcestruzzo.
Devono rispettare i requisiti prescritti dalla norma UNI EN 934-2:2002 "Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura".
Nel caso di impiego contemporaneo di più additivi, la loro compatibilità deve essere controllata in fase di qualifica della miscela cementizia.

10.1.5 *Aggiunte*

Sono materiali finemente suddiviso che vengono impiegati per la formazione del calcestruzzo, con lo scopo di migliorare alcune proprietà o di ottenere proprietà speciali.
E' ammesso l'impiego di aggiunte di due tipi:

- Tipo I (aggiunte inerti):
    - filler conformi alla norma UNI EN 12620:2008 "Aggregati per calcestruzzo";

- pigmenti conformi alla norma UNI EN 12878:2005 "Pigmenti per la colorazione di materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Specifiche e metodi di prova".

- Tipo II (aggiunte pozzolaniche o ad attività idraulica latente):
  - UNI EN 450-1:2007 "Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità";
  - UNI EN 450-2:2005 "Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 2: Valutazione della conformità"
  - UNI EN 13263-1:2009 "Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità"
  - UNI EN 13263-2:2009 "Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 2: Valutazione della conformità"

In mancanza di indicazioni normative o della Direzione Lavori, non si deve tener conto di tali materiali nel computo del dosaggio di cemento.

10.2 Requisiti per il calcestruzzo fresco

10.2.1 *Lavorabilità*

La lavorabilità, designata con il termine "consistenza" nella normativa vigente, è un indice delle proprietà e del comportamento del calcestruzzo nell'intervallo di tempo tra la produzione e la compattazione dell'impasto in situ nella cassaforme.

Poiché le caratteristiche desiderate di durabilità e di resistenza meccanica possono essere effettivamente raggiunte solo se la movimentazione, la posa in opera e la stagionatura avvengano correttamente, la lavorabilità viene imposta dal tipo di costruzione e dalle modalità di posa in opera adottati, in particolare dal metodo di compattazione.

Le proprietà del calcestruzzo fresco collegate con la lavorabilità sono:

- la stabilità, ossia la capacità dell'impasto di mantenere, sotto l'azione di forze esterne, l'uniformità di distribuzione dei componenti;
- la mobilità, ossia la facilità con la quale l'impasto fluisce nella cassaforma fino a raggiungere le zone meno accessibili;
- la compattabilità, ossia la facilità con la quale l'impasto può essere assestato nella cassaforma e l'aria intrappolata rimossa.

10.2.1.1 Misura della consistenza

La lavorabilità dell'impasto si valuta attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco. I metodi di misura più largamente adottati sono i seguenti:

- abbassamento del cono (norma UNI EN 12350-2:2009 " Prova sul calcestruzzo fresco - Prova di abbassamento al cono".
- La prova è sensibile alle variazioni di consistenza del calcestruzzo corrispondenti ad abbassamenti compresi tra 10 mm e 200 mm, oltre questi due limiti, la misurazione dell'abbassamento può risultare inadeguata e quindi si devono prendere in considerazione altri metodi. Se l'abbassamento continua a variare sensibilmente durante il primo minuto dopo il sollevamento dello stampo, questo metodo di prova non è adeguato come misura della consistenza. La prova non è adatta se la dimensione massima dell'aggregato del calcestruzzo è maggiore di 40 mm.
- prova Vébé (norma UNI EN 12350-3:2009 "Prova sul calcestruzzo fresco - Prova Vébé").

  Questo metodo non può essere applicato a calcestruzzi con aggregati aventi dimensione massima maggiore di 63 mm.

  Se il tempo Vébé è minore di 5s o maggiore di 30s, la prova Vébé non è adatta.
- indice di compattabilità (norma UNI EN 12350-4:2009 "Prova sul calcestruzzo fresco - Indice di compattabilità".

  La consistenza del calcestruzzo fresco viene valutata mediante la misurazione dell'abbassamento al cono, con la determinazione dell'indice di compattabilità.

  Questo metodo non può essere applicato a calcestruzzi con aggregati aventi dimensione massima maggiore dei 63 mm.

  Se l'indice di compattabilità è minore di 1,04 o maggiore di 1,46, la prova è da ritenersi inadatta.
- spandimento (norma UNI EN 12350-5:2009 "Prova sul calcestruzzo fresco - Prova di spandimento alla tavola a scosse".

  Questo metodo non può essere applicato a calcestruzzi cellulari o a calcestruzzi senza fini, e neppure a calcestruzzi con aggregati aventi dimensione maggiore di 63 mm.

  La prova di spandimento consente di misurare variazioni di consistenza del calcestruzzo per valori di spandimento compresi tra i 340 mm ed i 600 mm; oltre questi due limiti, la prova può essere non significativa e quindi occorre prendere in considerazione altri metodi.

Il metodo di misura più diffuso è quello che propone la valutazione della consistenza mediante l'abbassamento al cono.

Per miscele molto asciutte di solito si ricorre al metodo Vebè.

Per calcestruzzi fluidi e molto fluidi è preferibile ricorrere alla prova di spandimento.

La prova di consistenza deve essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni.
La lavorabilità è una proprietà del calcestruzzo fresco che diminuisce con il procedere delle reazioni di idratazioni del cemento. E' pertanto necessario che l'impasto possegga la lavorabilità richiesta non solo al momento del confezionamento, ma soprattutto al momento della sua posa in opera.
Se l'intervallo di tempo che intercorre tra il confezionamento e il getto non è breve, e soprattutto se la temperatura ambiente è elevata, la lavorabilità iniziale deve essere maggiore di quella richiesta per la posa in opera. Dopo l'approvazione da parte della Direzione Lavori, l'Impresa può ricorrere, appena prima del getto, ad aggiunte di additivi superfluidificanti (norma UNI EN 934-2:2009 "Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura").

10.2.2 *Rapporto acqua/cemento*

Il rapporto acqua/cemento delle miscele deve essere stabilito in modo da garantire la durabilità del calcestruzzo, il raggiungimento della resistenza richiesta dagli elaborati di progetto e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele, sia allo stato fresco che indurito.
Per determinare il rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta (cioè l'aggregato non cede e non assorbe acqua dall'impasto); pertanto si deve tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia essa in eccesso o in difetto rispetto alla condizione sopra menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati in fase di qualificazione, secondo la norma UNI EN 1097-6:2008 " Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua".

10.2.3 *Granulometria e dimensione massima degli aggregati*

Gli aggregati impiegati per la realizzazione di calcestruzi di classe di resistenza < C12/15 devono appartenere ad almeno due classi granulometriche diverse.
Le classi granulometriche devono essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali, scelte in modo che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro, acqua essudata etc.. Si deve comunque adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

La curva granulometrica deve essere verificata su campioni prelevati secondo la norma UNI EN 932-1:1998 "Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati – Metodi di campionamento" e analizzati secondo la norma UNI EN 933-1:2009 "Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per stacciatura".
La determinazione della massima dimensione nominale deve essere eseguita in conformità alla norma UNI EN 933-1.

10.2.4 *Massa volumica*

La determinazione della massa volumica del calcestruzzo fresco viene effettuata secondo la norma UNI EN 12350-6:2009 " Massa volumica del calcestruzzo. Determinazione su calcestruzzo fresco".

10.2.5 *Contenuto d'aria*

Nei casi in cui sia necessario determinare questo parametro (ad esempio quando si impieghino additivi aeranti), esso deve essere misurato in conformità alla norma UNI EN12350-7:2009 "Prova sul calcestruzzo fresco - Contenuto d'aria - Metodo per pressione".
Il contenuto d'aria viene specificato come valore minimo; IL limite superiore è pari al valore inferiore più il 4% assoluto.

10.3 Requisiti per il calcestruzzo indurito

10.3.1 *Resistenza a compressione*

La resistenza a compressione del calcestruzzo viene espressa in termini di resistenza caratteristica, definita come quel valore al di sotto del quale viene a trovarsi dal punto di vista probabilistico il 5% dell'insieme di tutti i possibili valori di resistenza misurati sul calcestruzzo in esame.
Il calcestruzzo viene classificato in base alla resistenza a compressione, espressa come resistenza caratteristica RCK oppure fCK. La resistenza caratteristica RCK viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cubi di 150 mm di lato; la resistenza caratteristica fCK viene determinata sulla base dei valori ottenuti da prove a compressione a 28 giorni su cilindri di 150 mm di diametro e 300 mm d'altezza; i valori espressi in N/mm2 elencati nella Tabella 10.1 risultano compresi in uno dei seguenti campi:

- Calcestruzzo non strutturale: 8/10 - 12/15;
- Calcestruzzo ordinario: 16/20 – 45/55;

- Calcestruzzo ad alte prestazioni: 50/60 – 60/75;
- Calcestruzzo ad alta resistenza: 70/85 – 100/115.

Classe di resistenza	**f_{CK}** N/mm^2	**R_{CK}** N/mm^2	**Categoria del calcestruzzo**
C8/10	8	10	Non strutturale
C12/15	12	15	
C16/20	16	20	Ordinario
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	
C50/60	50	60	Alte prestazioni
C55/67	55	67	
C60/75	60	75	
C70/85	70	85	Alta resistenza
C80/95	80	95	
C90/105	90	105	
C100/115	100	115	

Tabella 10.1 Classi di resistenza per il calcestruzzo.

10.3.2 *Massa volumica*

La determinazione della massa volumica del calcestruzzo indurito viene effettuata secondo la norma UNI EN 12350-7:2009 " Massa volumica del calcestruzzo. Determinazione su calcestruzzo indurito".

10.3.3 *Durabilità*

La durabilità del calcestruzzo è definita come capacità da parte delle opere e/o elementi prefabbricati di mantenere per il tempo previsto (vita utile), entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio e con normali interventi di manutenzione, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

La degradazione delle strutture di calcestruzzo può avvenire per:

- azione chimica di sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esercizio;
- azioni fisiche o meccaniche inerenti all'esercizio stesso o esercitate dall'ambiente.

Le cause più frequenti sono dovute alla presenza di solfati, ai fenomeni di corrosione delle armature, ai cicli gelo – disgelo, all'attacco di acque aggressive di varia natura (acque dilavanti, acque di mare, etc.)e alle reazioni alcali-silice.

E' fondamentale per la durabilità della struttura evitare:

- la presenza di vuoti dovuti a inadeguata compattazione o a non omogenea distribuzione dell'impasto nelle casseformi;
- la formazione di fessure da ritiro plastico;
- l'interruzione anticipata della stagionatura protetta;
- la riduzione del copriferro al di sotto del limite minimo previsto.

Ai fini della durabilità, il calcestruzzo dovrebbe avere un coefficiente di permeabilità k < 1x10-11 m/s, o una resistenza alla penetrazione d'acqua secondo la norma ISO 7031 (UNI EN 07.04.113.0) con valore massimo non superiore a 50 mm e valore medio non superiore a 20 mm; i due limiti sono equivalenti per la definizione dell'impermeabilità del calcestruzzo. Il controllo della durabilità attraverso prove di penetrazione dell'acqua deve essere effettuato solo in circostanze particolari e solo su richiesta della Direzione Lavori, in quanto è una prova molto onerosa, sia dal punto di vista economico che tempistico.

Il controllo della durabilità si basa sulla misura della resistenza a compressione (resistenza caratteristica). Il criterio ha come riferimento la relazione permeabilità – rapporto a/c – resistenza meccanica; al diminuire del valore a/c, diminuisce il volume dei pori capillari o penetrabili dalle sostanze nell'ambiente di esposizione e di conseguenza diminuisce la permeabilità, mentre aumenta la resistenza meccanica.

I criteri in base ai quali si definisce la durabilità del calcestruzzo fanno riferimento a:

- tipo e contenuto di cemento;
- rapporto a/c;
- spessore del copriferro (nel caso di strutture armate, ordinarie e precompresse).

Questi criteri sono comuni a tutte le normative riguardanti la durabilità: all'aumentare dell'intensità dell'attacco si aumenta il contenuto minimo di cemento, si abbassa il rapporto a/c e si aumenta lo spessore del copriferro. Pertanto, tenuto conto che il controllo di qualità dei calcestruzzi si basa sulla resistenza caratteristica a compressione, la durabilità è tanto più alta, quanto maggiore è la resistenza caratteristica.

10.4 Specifica del calcestruzzo

Il calcestruzzo viene specificato in riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita).

I dati fondamentali, da indicarsi sempre ed in conformità ai requisiti della norma UNI EN 206-1:2006, sono:

- classe di resistenza (RCK);
- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza, indicando il relativo metodo di misura;
- diametro massimo dell'aggregato;
- rapporto acqua/cemento (a/c);
- tipologia strutturale (semplice, armato o precompresso).

Se richiesto dalla Direzione Lavori devono essere definite ulteriori caratteristiche quali:

Caratteristiche del calcestruzzo fresco

- tipo, classe e contenuto minimo di cemento;
- contenuto d'aria;
- contenuto di cloruri;
- sviluppo di calore durane l'idratazione;
- requisiti speciali per gli aggregati;
- requisiti speciali per la temperatura del calcestruzzo fresco;
- requisiti tecnici aggiuntivi.

Caratteristiche del calcestruzzo indurito

- resistenza alla penetrazione dell'acqua ai fini della permeabilità;
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo;
- resistenza all'azione combinata del gelo e di agenti disgelanti;
- resistenza agli attacchi chimici;
- requisiti tecnici aggiuntivi.

Nel caso di calcestruzzo preconfezionato, si devono prendere in considerazione condizioni supplementari relative al trasporto e alle procedure di cantiere (tempo e frequenza delle consegne, trasferimento per pompaggio o per nastro trasportatore, etc.)

La composizione della pasta cementizia deve essere stabilita in modo da soddisfare le specifiche prestazionali e minimizzare i fenomeni di segregazione ed essudazione del calcestruzzo fresco.

Il calcestruzzo armato, ordinario o precompresso, deve contenere una quantità di cemento sufficiente per assicurare un adeguato grado di protezione dell'acciaio contro la corrosione.

10.5 Confezionamento e posa in opera

10.5.1 *Impianto di produzione*

L'impianto deve avere un'adeguata capacità di stoccaggio delle materie prime (cementi, aggregati, aggiunte, additivi) per garantire la continuità della produzione e senza interruzione dei getti, secondo il previsto programma dei lavori. Inoltre deve essere dotato di strumenti ed attrezzature idonee a garantire IL costante controllo dei dosaggi.

10.5.2 *Stoccaggio delle materie prime*

I materiali di tipo diverso devono essere movimentati e stoccati in modo da evitare miscelazioni, contaminazioni o deterioramento.

Cemento

Il cemento può essere approvvigionato all'impianto di confezionamento in sacchi o sfuso. In particolare:

- sfuso: deve essere conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta verso l'umidità atmosferica. Ciascun silos deve contenere un cemento di un unico tipo e unica classe e, a tale scopo, deve essere chiaramente identificato da idonei contrassegni.
- In sacchi: deve essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto in ambiente chiuso. I sacchi di cemento di diverso tipo e classe devono essere conservati separatamente e chiaramente identificabili.

Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza; per ciascuna struttura si deve impiegare cemento di un unico tipo e classe.

Aggregati

Gli aggregati possono essere stoccati in tramogge o in cumuli e devono essere chiaramente identificabili mediante idonei contrassegni.
Il luogo di accumulo a terra degli aggregati deve essere di dimensioni adeguate per consentire l'immagazzinamento delle pezzature tra loro separate, in modo da impedirne la frammistione. La superficie di appoggio di ogni cumulo deve essere conformata in modo da consentire il naturale allontanamento delle acque meteoriche e di percolazione.
Nel caso in cui l'impianto sia dotato di tramogge, il loro numero deve essere almeno pari al numero di classi granulometriche di volta in volta utilizzate.

Acqua d'impasto

Nel caso in cui sia necessario l'accumulo di acqua d'impasto, questo deve essere realizzato mediante cisterne, serbatoi o bacini nei quali sia evitato il rischio di inquinamento con elementi dannosi al calcestruzzo.
In relazione alle condizioni ambientali, devono essere predisposte idonee protezioni per consentire all'acqua di mantenere una temperatura tale da assicurare che il calcestruzzo possa essere prodotto nelle adeguate condizioni.

Aggiunte

Le aggiunte minerali devono essere conservate in

- ambienti chiusi idonei, se consegnate non sfuse (es. in sacchi),
- silos, se consegnate sfuse in polvere,
- cisterne, se consegnate liquide.

I depositi devono essere chiaramente identificabili mediante idonei contrassegni e accuratamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.
Le aggiunte consegnate non sfuse devono essere conservate nelle confezioni originali sigillate, su cui devono essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso.
Non è consentito immagazzinare aggiunte di diverso tipo, miscelandole tra loro.

Additivi

Gli additivi consegnati sfusi devono essere depositati in cisterne opportunamente protette per limitare gli effetti dell'umidità ambientale e delle basse/alte temperature.
Se consegnati non sfusi, devono essere conservati nelle confezioni originali sigillate, su cui devono essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso, in ambienti chiusi idonei per la loro corretta conservazione.
I depositi devono essere chiaramente identificabili mediante idonei contrassegni e accuratamente protetti dall'umidità atmosferica, dalle basse/alte temperature e dalle impurità.
Non è consentito immagazzinare additivi di diverso tipo, miscelandoli tra loro.

10.5.3 *Apparecchiature di dosaggio*

Per ogni miscela di almeno 1 m^3 di calcestruzzo, le caratteristiche delle apparecchiature di dosaggio devono essere tali da realizzare e mantenere, nelle normali condizioni operative, le tolleranze indicate nella Tabella 10.2.
Se più impasti vengono miscelati o rimiscelati in betoniera, le tolleranze indicate in Tabella 10.2 si applicano al carico complessivo.

Materia prima	Tolleranza
Cemento Acqua d'impasto Aggregato totale Aggiunte in quantità > 5% in massa rispetto al cemento	± 3% della quantità richiesta
Aggiunte in quantità ≤ 5% in massa rispetto al cemento	± 5% della quantità richiesta

Tabella 10.2 Tolleranze previste per le materie prime.

I cementi, gli aggregati e le aggiunte in polvere devono essere dosati in massa mediante pesatura.
L'acqua d'impasto, gli aggregati leggeri, gli additivi e le aggiunte in forma liquida possono essere dosati in massa o a volume.

10.5.4 *Processo di produzione*

10.5.4.1 Dosaggio delle materie prime

Il cemento e le aggiunte in polvere possono essere dosati nello stesso dispositivo; l'acqua e le eventuali altre aggiunte liquide e gli additivi devono essere dosati con dispositivi separati, impiegati esclusivamente per ciascuno di essi.
Per le diverse classi granulometriche gli aggregati possono essere dosati per pesate singole o cumulative progressive.
Si deve eseguire la compensazione del peso delle sabbie, in relazione alla loro umidità, con conseguente variazione del quantitativo di acqua d'impasto immesso.
La compensazione del quantitativo di acqua d'impasto immessa con il peso degli aggregati grossi deve essere operata sulla base della percentuale di umidità corrispondente alle rilevazioni effettuate durante i più recenti controlli periodici effettuati sugli stessi.

10.5.4.2 Miscelazione delle materie prime

L'impasto deve avere le seguenti caratteristiche:

- coesività tale da poter essere trasportato e movimentato senza che si verifichi la segregazione dei singoli elementi;
- lavorabilità conforme a quella richiesta e riportata nel documento di trasporto.

La miscelazione può avvenire in betoniera o in miscelatore fisso.

Miscelazione in betoniera

Le betoniere devono essere in grado di ottenere una miscelazione intima dei componenti ed una consistenza del calcestruzzo uniforme nell'intero carico.
Al fine di garantire una corretta miscelazione occorre che:

- la betoniera non venga caricata per un volume di calcestruzzo superiore a quello indicato dal costruttore della macchina;
- i componenti dell'impasto, per quanto possibile, vengano immessi in modo uniforme durante il carico;
- al termine della fase di carico e prima di iniziare il trasporto, la betoniera ruoti alla massima velocità prevista dal costruttore della macchina per almeno 4 minuti.

Miscelazione in miscelatore fisso

Per i miscelatori fissi, onde garantire la corretta miscelazione dell'impasto, la durata della miscelazione deve essere maggiore di 30 secondi.
Il tempo[1] e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre una miscela rispondente ai requisiti progettuali di omogeneità.
Per quanto non specificato, vale la norma UNI EN 206-1:2006.

10.5.4.3 Movimentazione del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto di confezionamento al luogo di impiego, ed il suo scarico, deve essere effettuato con mezzi e attrezzature idonei al fine di evitare la segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo stesso.
Il trasporto del calcestruzzo al luogo d'impiego può avvenire con betoniere o autocarri.

Trasporto con betoniera

Durante il trasporto e successivamente, in caso di attesa dello scarico, la betoniera deve rimanere costantemente in movimento.
In linea di massima, in relazione alle condizioni ambientali, salvo che non vengano previste idonee misure (quali l'aggiunta di additivi ritardanti), il calcestruzzo deve essere messo in opera entro 2 ore dal momento in cui è stata introdotta l'acqua d'impasto nella miscela (corrispondente all'ora di carico della betoniera).
In generale, non sono ammesse aggiunte di acqua o additivi alla consegna. In casi speciali è possibile aggiungere acqua d'impasto e/o additivi, sotto la responsabilità del Produttore, se

[1] Il tempo di miscelazione decorre da quando tutti i componenti del calcestruzzo sono all'interno del mescolatore in rotazione.

ciò serve a riportare la consistenza al valore di specifica e purché non vengano superati i valori di specifica e l'aggiunta dell'additivo sia prevista nel progetto di miscela di calcestruzzo.
La quantità e la tipologia di acqua e/o additivi da aggiungere alla consegna nella betoniera (ciò non è possibile se si utilizzano autocarri) devono essere riportata nel documento di consegna – trasporto.
Le betoniere devono essere soggette a manutenzione programmata periodica e tenute in buone condizioni operative, in modo che le proprietà del calcestruzzo non ne vengano negativamente influenzate.

Trasporto con autocarro

Il trasporto del calcestruzzo con autocarro può avvenire a condizione che:

- il calcestruzzo venga mescolato da un miscelatore fisso di impianto;
- il calcestruzzo abbia consistenza umida e la lunghezza del percorso e la sua accidentalità siano tali da non causare la segregazione dell'impasto;
- non siano stati immessi additivi aeranti;
- il cassone dell'autocarro sia a tenuta stagna ad evitare perdite di miscela;
- la messa in opera avvenga, in relazione alle condizioni ambientali, entro 20 – 40 minuti dall'immissione dell'acqua d'impasto nel miscelatore fisso.

La movimentazione in fase di messa in opera può avvenire con pompa o con nastro trasportatore.

Movimentazione con pompa

La movimentazione del calcestruzzo mediante pompa non ne deve alterare la composizione.

Si raccomanda che la pompabilità risulti assicurata da:

- una corretta composizione granulometrica;
- un adeguato contenuto di parti fini;
- l'eventuale inserimento di aggiunte e/o additivazioni atte ad evitare aggiunte di acqua d'impasto.

E' assolutamente vietato aggiungere acqua d'impasto, additivi e qualsiasi altra sostanza nella tramoggia di alimentazione della pompa.
Nel caso di interruzione del flusso di pompaggio, per qualunque motivo, l'addetto alla pompa deve aver cura di procedere a frequenti brevi aspirazioni e spinte del calcestruzzo, al fine di tenerlo in movimento all'interno delle tubazioni.

Durante la messa in opera del calcestruzzo si raccomanda che:

- il terminale in gomma della pompa sia posto in posizione verticale per evitare la segregazione dell'impasto;
- nel caso di getti verticali, la tubazione della pompa venga fatta penetrare IL più possibile nel cassero per ridurre al minimo il rischio di segregazione dell'impasto;
- nel caso di getti su soletta, si eviti l'accumulo di rilevanti quantità di calcestruzzo.

Movimentazione con nastro trasportatore

La movimentazione del calcestruzzo mediante nastro trasportatore deve essere tale da evitarne la segregazione.

A tal fine è indispensabile che:

- l'inclinazione del nastro sia tale da non causarne il riflusso del calcestruzzo a nastro fermo;
- la tensione del tappeto e la distanza tra i rulli sia tale da non causare evidenti sobbalzi alla massa del calcestruzzo;
- al termine del nastro, il calcestruzzo finisca in una tramoggia che ne permetta lo scarico verticale nel punto di messa in opera.

È assolutamente vietato aggiungere acqua d'impasto, additivi e qualsiasi altra sostanza direttamente sul nastro.

10.5.4.4 Documento di consegna del calcestruzzo

Alla consegna del calcestruzzo, il Produttore deve fornire all'Impresa un documento di consegna su cui siano riportate le informazioni seguenti:

- numero di serie;
- denominazione dell'impianto di confezionamento;
- dichiarazione di conformità alle specifiche d'ordine e alla norma UNI EN 206-1:2006;
- identificazione della betoniera;
- nome del cliente;
- denominazione ed indirizzo del cantiere;
- data e ore di carico, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- quantità (m3) di calcestruzzo fornito;
- classe di resistenza;
- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza o valore di riferimento;
- codice identificativo della ricetta impiegata per il confezionamento;

- dimensione massima dell'aggregato;
- tipo, classe di resistenza e contenuto di cemento;
- rapporto a/c;
- dosaggio ed tipo di eventuali additivi da aggiungere in cantiere.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione Lavori per accettazione.
E' facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti.

10.6 Controllo di conformità del calcestruzzo

Il controllo della conformità comprende l'insieme di azioni e decisioni da prendere, in accordo con i criteri di conformità preliminarmente adottati, al fine di verificare la conformità del calcestruzzo alle specifiche.
Tale controllo è parte integrante del controllo del processo di produzione.
Le disposizioni riportate nel seguito del presente Paragrafo si applicano anche al calcestruzzo per elementi prefabbricati.
I criteri da adottare per la valutazione della conformità sono riportati nella norma UNI EN 206-1:2006.

10.6.1 *Conformità per la resistenza a compressione*

Nel piano di campionamento e di prova e nei criteri di conformità del calcestruzzo o delle famiglie di calcestruzzi occorre distinguere tra

- produzione iniziale: la produzione si considera iniziale fino al raggiungimento di almeno 35 risultati di prova;
- produzione continua: la produzione si considera continua quando sono disponibili almeno 35 risultati di prova, ottenuti in un periodo di tempo non maggiore di 12 mesi.

Se la produzione di un calcestruzzo di composizione particolare, o di una famiglia di calcestruzzi, è stata sospesa per più di 12 mesi, il Produttore deve adottare il piano di campionamento e prova e i criteri di conformità previsti per la produzione iniziale.
Il Produttore può adottare il piano di campionamento e prova ed i criteri di conformità previsti per la produzione iniziale anche per la produzione continua.
I campioni di calcestruzzo devono essere prelevati in maniera casuale e in conformità alla norma UNI EN 12350-1:2009.
La frequenza minima di campionamento e di prova del calcestruzzo deve essere conforme a quanto indicato nel prospetto 13 della norma UNI EN 206-1:2006.

Il risultato di prelievo deve essere quello ottenuto da un singolo provino o dalla media dei risultati ottenuti di due o più provini confezionati con il materiale di un unico prelievo e sottoposti a prova alla stessa età di maturazione.

10.6.2 *Conformità per proprietà diverse dalla resistenza*

I campioni di calcestruzzo devono essere prelevati in maniera casuale e in conformità alla norma UNI EN 12350-1.
La frequenza minima di campionamento e i metodi di prova del calcestruzzo devono essere conformi a quanto indicato nei prospetti 17 e 18 della norma UNI EN 206-1.

10.7 Controlli di produzione

Le materie prime, le apparecchiature, le procedure di produzione e il calcestruzzo devono essere, con riferimento alle specifiche ed ai requisiti riportate nella norma UNI EN 206-1:2006, soggetti ad autocontrollo attuato mediante personale qualificato e la disponibilità di un laboratorio di riferimento correttamente attrezzato, allo scopo di fornire gli strumenti utili a:

- verificare la rispondenza delle materie prime impiegate alle norme vigenti e alle esigenze della propria produzione;
- progettare correttamente le miscele;
- controllare il livello qualitativo della produzione.

L'autocontrollo può essere demandato, purché in forma continuativa, ad una struttura esterna (laboratorio ufficiale).
Tutti i risultati devono essere registrati e conservati per almeno 2 anni.

10.7.1 *Controllo al ricevimento delle materie prime*

I componenti non devono essere impiegati senza prima essere stati controllati o senza che sia stata accertata la loro conformità ai requisiti specificati.
Le prove devono essere effettuate seguendo le indicazioni delle norme di prova e le frequenze minime riportate nel prospetto 22 della norma UNI EN 206-1:2006.
Per ciascuna prova deve essere redatto un apposito verbale.

10.7.2 *Controllo del calcestruzzo*

Le prove sul calcestruzzo devono essere effettuate seguendo le indicazioni delle norme di prova e le frequenze minime riportate nel prospetto 24 della norma UNI EN 206-1:2006.
Per ciascuna prova deve essere redatto un apposito verbale.

10.7.3 *Controllo delle apparecchiature*

Deve essere predisposto un programma dei controlli delle tarature degli strumenti e delle apparecchiature utili al dosaggio delle materie prime (bilance, dosatori degli additivi, misuratori dell'acqua d'impasto, etc.) che rispetti le frequenze minime riportate nel prospetto 23 della norma UNI EN 206-1:2006.

10.8 Controlli al ricevimento del calcestruzzo in cantiere

Ai fini del controllo di accettazione, i prelievi, il confezionamento dei cubetti, la loro stagionatura devono essere eseguiti nel rispetto delle relative norme UNI in vigore all'atto dell'Appalto.

Per ogni prelievo effettuato, deve essere redatto un verbale redatto anche dal personale delegato dal Produttore al momento della consegna del calcestruzzo, chiamato ad assistere al prelievo.

È compito e responsabilità dell'Impresa:

- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna corrispondano alle prescrizioni richieste e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza;
- controllare che tipo e diametro massimo dell'aggregato corrispondano a quanto richiesto e in caso di difformità, respingerei il carico;
- controllare che la consistenza del calcestruzzo consegnato sia corrispondente a quanto richiesto e specificato sul documento di consegna e in caso di non conformità, respingere il carico.

10.9 Posa in opera delle miscele

La posa in opera del calcestruzzo deve essere eseguita con ogni cura e a regola d'arte dopo aver preparato accuratamente le casseforme, gli scavi da riempire ed i piani di posa e dopo aver posizionato le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, etc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni degli elaborati progettuali e di capitolato.

I getti, che devono risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto, possono essere iniziati solo dopo la verifica delle casseformi, degli scavi e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Si avrà cura che, in nessun caso, si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma o scavo e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.
Nel caso della trincea di ancoraggio si avrà un unico strato orizzontale di spessore pari a 15 cm, come da progetto.
L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore, non dovrà superare un metro.
Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli necessari a raggiungere la compattazione ottimale della miscela, approvati preventivamente dalla Direzione Lavori. La vibrazione del calcestruzzo dovrà proseguire fino a che praticamente cessi la fuoriuscita di bolle d'aria senza provocare segregazione.
Il calcestruzzo sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.
Le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura ed i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi adeguatamente con malta cementizia immediatamente dopo il disarmo ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando, in ogni caso, che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico della Impresa.
Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte.
Dal Giornale Lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.
Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa deve tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.
E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo successivamente (ad esempio con l'impiego di un vibratore).
Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formatisi, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del calcestruzzo.
Qualora il calcestruzzo fosse gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi il normale consolidamento; l'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Impresa.

10.9.1 *Stagionatura*

La stagionatura è un insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente, privo di fessure e durevole. Mediante un adeguato periodo di stagionatura protetta, iniziato immediatamente dopo aver concluso le operazioni di posa in opera, IL calcestruzzo può raggiungere le sue proprietà potenziali nella massa ed in particolare nella zona superficiale.

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento, i seguenti fenomeni:

- essiccazione della superficie del calcestruzzo, per evitare che gli strati superficiali diventino porosi;
- congelamento dell'acqua di impasto prima che IL calcestruzzo abbia raggiunto un adeguato grado di indurimento;
- movimenti differenziali dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, in quanto possono essere causa di fessurazioni.

La stagionatura deve avvenire a temperatura ambiente, nell'intervallo di 5–35°C con esclusione di qualsiasi intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori e/o progettuale.

A getto ultimato, l'Impresa deve curare, a sua cura e spese, la stagionatura per evitare un rapido prosciugamento delle superfici dei medesimi, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine tutte le superfici dovranno essere mantenute umide per almeno 7 giorni dal getto per mezzo di:

- prodotti antievaporanti, conformi alle norme UNI 8656:1984 + FA 219-87:1987 "Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti" e approvati dalla Direzione Lavori, da applicare a spruzzo subito dopo il getto;
- continua bagnatura;
- altri idonei sistemi, sempre previa approvazione della Direzione Lavori.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata a cura della Direzione Lavori e a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

Durante il periodo della stagionatura, l'Impresa, a sua cura e spese, deve proteggere i getti da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti deve essere effettuata solo quando sono state sicuramente raggiunte le resistenze prescritte negli elaborati progettuali.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa deve attenersi a quanto prescritto dal D.M. 09/01/96 e successivi aggiornamenti e norme tecniche.

10.9.2 *Casseformi e finitura*

La superficie esterna dei getti in calcestruzzi deve essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, macchie, etc. che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza, sia ai fini della durabilità che dell'aspetto estetico dell'opera (ove richiesto).

10.9.2.1 Casseformi

Le casseforme devono essere rigide e a perfetta tenuta, per evitare la fuoriuscita della pasta cementizia. Inoltre devono essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa deve provvedere, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori.
Nel caso siano impiegate casserature a perdere inglobate nell'opera, si deve verificare la sua funzionalità (se è elemento portante) e che non sia dannosa per l'estetica o la durabilità (se è elemento accessorio).

10.9.2.2 Disarmanti

L'Impresa deve impiegare prodotti disarmanti. Le modalità di applicazione devono essere quelle indicate dal produttore, evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseformi.
L'Impresa deve controllare che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie della struttura; a tale scopo si devono impiegare prodotti efficaci per la loro azione specifica; è vietato l'impiego di lubrificanti di qualsiasi natura e olii esausti.

10.9.2.3 Giunti e riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti con soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; per questo titolo l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò neppure nel caso che, in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive.
Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto, e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata con opportuni additivi di ripresa come specificato nelle tavole di progetto. L'Impresa, prima dell'utilizzo fornirà la

documentazione tecnica relativa a tali additivi, se diversi da quelli previsti, per l'approvazione della Direzione Lavori.

10.9.2.4 Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

L'Impresa ha a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi, o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature, per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, sede di tubi e di cavi, opere di interdizione, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti.
L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa.
Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così indicate dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.
Per l'assistenza alla posa in opera di apparecchi forniti e posti in opera da altre Ditte, l'Impresa sarà compensata con i relativi prezzi di elenco.

10.9.2.5 Tolleranze sulle strutture dei getti

L'Impresa è tenuta ad osservare le tolleranze di seguito indicate salvo diversamente specificato.
Le opere od elementi strutturali che presentino, rispetto alle dimensioni di progetto, differenze maggiori delle tolleranze ammesse, dovranno essere corrette o se necessario demolite e ricostruite ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori.
In conseguenza di ciò l'Impresa non può pretendere alcun indennizzo né riceverà alcun compenso per i lavori di demolizione o rifacimento restando peraltro responsabile di ogni eventuale ritardo.

11 POZZI IN ACCIAIO

I pozzi di estrazione oggetto del presente Capitolato sono costituiti da un tubo in acciaio cieco di diametro pari a 800 mm, solamente al piede il pozzo risulterà essere fessurato. I pozzi verranno realizzati su basamenti in calcestruzzo armato RCK> 250kg/cm^2.

11.1 Caratteristiche dell'acciaio

L'acciaio impiegato deve essere di qualità e le sue caratteristiche chimiche e meccaniche devono rientrare in uno dei tipi di acciaio previsti nelle norme UNI EN 10224:2006 "Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano - Condizioni tecniche di fornitura".
La qualità di acciaio impiegata per la costruzione dei pozzi di controllo ed estrazione del percolato deve essere del tipo AISI 316 L.

11.2 Rivestimenti delle tubazioni

I rivestimenti protettivi interni ed esterni devono essere tali da:

- proteggere efficacemente la superficie interna dall'azione aggressiva del fluido convogliato e la superficie esterna dall'azione aggressiva dei rifiuti e dell'ambiente in cui le tubazioni sono posate;
- conservare la loro integrità anche durante le operazioni di carico, trasporto nei luoghi di impiego, scarico e posa in opera delle tubazioni;
- resistere senza alterazioni sia alle temperature più elevate della stagione calda, sia alle temperature più basse della stagione fredda, specialmente nelle località più elevate.

I rivestimenti esterni devono essere applicati in uno stabilimento o in un'officina su tubi e accessori singoli (preferibile) oppure in cantiere di posa dopo il montaggio della tubazione.
Le tubazioni impiegate per la realizzazione dei pozzi di controllo ed estrazione del percolato devono essere rivestite esternamente con Rivestimento Esterno Bituminoso Tipo Pesante, conforme alla norma UNI ISO 5256:1987 "Tubi ed accessori di acciaio impiegati per tubazioni interrate o immerse. Rivestimento esterno e interno a base di bitume o di catrame" – Classe III.

11.2.1 *Rivestimenti esterni di tipo bituminoso*

I rivestimenti esterni di tipo bituminoso devono rispettare le caratteristiche e prescrizioni contenute previste dalla norma UNI ISO 5256:1987 "Tubi ed accessori di

acciaio impiegati per tubazioni interrate o immerse. Rivestimento esterno e interno a base di bitume o di catrame".

Preparazione della superficie da rivestire

L'efficienza del rivestimento dipende principalmente dall'aderenza che il rivestimento ha rispetto alla superficie da rivestire. L'aderenza, che potrà essere misurata con le prove previste successivamente, sarà tanto migliore quanto più elevato é il grado di pulizia e di ruvidità della superficie.
La pulizia della superficie da rivestire deve comportare:

- l'eliminazione di macchie di olio, di grasso, di polvere e di altre sostanze già distaccate;
- l'essiccazione delle superficie;
- l'asportazione della eventuale ruggine e della calamina friabile.

La pulizia viene ottenuta con sabbiatura mediante due metodi:

- proiezione di graniglia metallica in modo da ottenere una finitura corrispondente almeno al grado SA 2,5 della Norma ISO 8501-1,
- energica spazzolatura meccanica in modo da ottenere una finitura corrispondente almeno al grado ST3 della norma SIS 05 5900.

Applicazione dello strato di fondo (primer)

Subito dopo la preparazione della superficie, si applica alla stessa uno strato di fondo (primer) costituito da bitume, residuo della distillazione del petrolio grezzo, limitatamente ossidato.
Lo spessore dello strato di fondo deve essere tale da assicurare la completa copertura della superficie metallica.

Applicazione dello strato protettivo

Lo strato protettivo è costituito da bitume ossidato ed opportunamente caricato.
E' indispensabile che lo strato protettivo venga applicato su uno strato di fondo già raffreddato o completamente essiccato a seconda del tipo di applicazione usato.

Applicazione dell'armatura

Per salvaguardare lo strato protettivo da sollecitazioni meccaniche, urti, abrasioni, etc. è necessario aumentare la resistenza meccanica mediante l'applicazione di più strati di idoneo materiale di armatura.

È previsto l'utilizzo di un rivestimento pesante in cui l'armatura é costituita da uno strato di feltro di vetro e da uno di tessuto di vetro, impregnati con la stessa miscela bituminosa.
I materiali di armatura verranno impiegati previa completa imbibizione con miscele bituminosa in modo da ottenere un'armatura compatta ed aderente con lo strato sottostante.
L'applicazione dell'armatura sarà eseguita avvolgendo sul tubo, ad elica, il nastro con sovrapposizione minima del 20% previo il suo passaggio in vaschetta contenente la miscela.
L'avvolgimento deve essere eseguito in modo tale da garantire la continuità della copertura della superficie del nastro e la buona aderenza fra i diversi strati.

Applicazione dello strato di finitura

Allo scopo di migliorare la prestazione del rivestimento rispetto all'azione dei raggi solari, per eliminare l'appiccicosità, per ottenere la levigatura, etc., si applica sul tubo ancora caldo una mano di latte di calce (idrato di calce in acqua).

11.3 Dimensioni delle tubazioni

Le dimensioni nominali unificate dei tubi (DN) e gli spessori devono essere congruenti con quelli riportati nella norma UNI EN 10220:2003 "Tubi di acciaio, saldati e senza saldatura - Dimensioni e masse lineiche".
I tubi, salvo diversa specifica della Direzione Lavori, devono essere forniti in cantiere con le lunghezze indicate nella Tabella 5 della norma UNI EN 10224:2006 "Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di acqua e di altri liquidi acquosi - Condizioni tecniche di fornitura".
Per lunghezza s'intende quella effettiva, cioè la lunghezza utile più la lunghezza dell'eventuale bicchiere.

11.4 Sistemi di giunzione

Le estremità dei tubi devono presentarsi a bicchiere o piane, e devono permettere l'attuazione dei seguenti tipi di giunzione:

- saldatura con giunto testa a testa (per le tubazioni sulle pareti);
- flangiatura.

In particolare, in corrispondenza della sezione trasversale di estremità, il diametro del bicchiere deve essere non superiore a 4 mm rispetto al diametro esterno del tubo.
Le altre tipologie di giunzione devono essere conformi a quanto riportato nell'Appendice C della norma UNI EN 10224.

11.5 Tolleranze

Le tolleranze devono essere quelle ammesse nella norma UNI EN 10224.
Nel caso in cui si adottino le tubazioni rivestite, le tolleranze ammesse per il rivestimento sono riportate nella norma UNI ISO 5256.

11.6 Marcatura

Ogni tubo deve riportare, almeno ad una estremità, le seguenti indicazioni:

- nome del Produttore applicato mediante punzone;
- qualità dell'acciaio;
- tipologia della tubazione (saldata o non saldata);
- serie (identificativo del tubo);
- diametro nominale (DN);
- pressione nominale (PN);
- riferimento alla normativa vigente (UNI EN 10224).

Nel caso di tubi rivestiti, la marcatura deve essere eseguita con un sistema adatto (pittura applicata con maschera o ad imprimitura), che permetta un'identificazione chiaramente leggibile ed indelebile, usando prodotti durevoli e compatibili con il rivestimento.

11.7 Certificazioni e collaudi

Le tubazioni devono essere accompagnate dal Certificato di Prodotto, rilasciato dal Produttore (in possesso di regolare accreditamento riconosciuto a livello nazionale/internazionale), o dalla Dichiarazione di Conformità redatta dal Fornitore secondo quanto indicato dalla norma UNI CEI EN 45014:1999 "Criteri generali per la dichiarazione di conformità' rilasciata dal fornitore", intese ad assicurare la conformità della fornitura alle norme UNI EN 10224 e UNI ISO 5256.
Più precisamente:

- la Dichiarazione di Conformità ha la forma di un documento e deve essere strutturata secondo l'Allegato A della norma UNI CEI EN 45014;
- il Certificato di Prodotto ha la forma di un documento e deve riportare le informazioni di seguito riportate:
- il nome e l'indirizzo del fabbricante;
- l'identificazione del prodotto certificato, se del caso, tramite l'indicazione del lotto, del numero di serie, del numero del modello o del tipo ai quali si riferisce la certificazione;
- il riferimento al documento normativo interessato (il soggetto che ha emesso la norma, il titolo, il numero e l'anno di pubblicazione);

- la data di rilascio del certificato;
- la firma e la qualifica della persona autorizzata.

Le tubazioni inoltre devono essere sottoposte a collaudo al quale la Direzione Lavori si riserva di presenziare.

Detto collaudo può avvenire in fabbrica o presso laboratorio di prova munito di attestato di accreditamento del SINAL.

Nel corso del collaudo vengono eseguite le prove di seguito riportate, da effettuarsi secondo quanto indicato dalla norma UNI EN 10224 e dagli eventuali ulteriori documenti normativi vigenti richiamati in essa):

- prova di trazione;
- prova di piega:
- prova idraulica.

Alla conclusione del collaudo deve essere prodotto, da fornitore o dal laboratorio di prova accreditato, quanto segue:

- certificato di collaudo da cui risulti, per l'elemento generico (identificato come sopra descritto), l'esito dei controlli e delle prove effettuate, e che essi sono stati eseguiti, con le modalità sopra richiamate;
- certificato da cui risulti la descrizione del processo di fabbricazione, la descrizione delle caratteristiche tecniche e di quelle dimensionali.
- In particolare la fornitura del rivestimento esterno deve essere accompagnata dalla seguente documentazione:
- certificato di collaudo e rispondenza del rivestimento alla norma UNI ISO 5256; in particolare nel certificato di collaudo deve essere attestato che tutte le prove ed i controlli sono stati effettuati con saggi prelevati sui materiali oggetto dell'ordinazione;
- certificazione riportante:
    - la descrizione del processo di applicazione dei singoli strati costituenti il rivestimento;
    - la descrizione delle caratteristiche, tecniche e dimensionali, dei rivestimenti;
    - la descrizione delle prove effettuate ed il loro esito.

11.8 Calcestruzzo armato

Per le caratteristiche, i criteri di accettazione e di controllo, le modalità di preparazione e di posa in opera del calcestruzzo armato, si rimanda al Capitolo 10.

12 PALI DI FONDAZIONE

12.1.1 Classificazione

a) Pali di medio e grande diametro

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

- Pali trivellati
- Pali trivellati ad elica continui

12.1.2 Definizioni

a) Pali trivellati

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

b) Pali trivellati ad elica continua

Con tale denominazione si vengono ad identificare, i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

12.1.3 Normative di riferimento

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984

- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

12.1.4 Preparazione del piano di lavoro

L'Impresa dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.
Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Impresa predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

12.2.1 Micropali e mediopali

12.2.2 *Definizione*

Si definiscono tali i pali trivellati aventi diametro massimo 350 mm.

L'armatura è costituita da piccole gabbie metalliche o, più comunemente, da elementi tubolari di acciaio.

Il getto del palo avviene con malte di cemento versate a gravità o iniettate a pressione attraverso l'elemento tubolare di armatura appositamente predisposto.

In relazione al tipo di getto si distinguono pertanto i seguenti tipi di micropalo:

- con riempimento del foro a gravità;
- con iniezione a bassa pressione;
- con iniezione ad alta pressione, anche ripetuta.

12.2.3 *Modalità esecutive*

La perforazione viene eseguita a distruzione, a rotazione o rotopercussione, secondo il tipo di terreno o di roccia da attraversare. Vengono utilizzate teste di rotazione o rotopercussione oppure utensili operanti a fondo foro (wireline, martello a fondo foro).
Il fluido per il raffreddamento dell'utensile e per l'asportazione dei detriti è costituito da aria, schiume, acqua o fanghi, secondo terreno, attrezzatura e tecnica adottati.
La circolazione di aria o schiuma non può essere utilizzata attraversando terreni non lapidei al di sotto del livello di falda.
L'adozione di un rivestimento metallico provvisorio a sostegno delle pareti può risultare necessaria o meno in relazione al tipo di terreno attraversato o della tecnica di perforazione adottata.
Il rivestimento è d'obbligo nelle perforazioni per micropali da iniettare a bassa pressione.
La trivellazione può in certi terreni essere eseguita anche con elica continua senza fluido in circolazione. L'adozione di questa tecnica è subordinata a preventivo assenso della D.L..
La perforazione deve essere comunque condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare deve essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.
Al termine della perforazione il foro viene accuratamente sgombrato dai detriti per mezzo del fluido di circolazione o di utensile asportatore, senza operare con utensile disgregatore.
L'ordine di esecuzione dei pali nell'ambito di ciascun gruppo deve assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso d'iniezione o in attesa di formazione della guaina, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali del gruppo in lavorazione.

12.2.4 *Armature metalliche*

Devono essere comunque conformi a quanto previsto in progetto.

Nel caso di armature tubolari si devono impiegare tubi trafilati (non saldati longitudinalmente).

Le giunzioni fra i diversi spezzoni di tubo possono essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

I tubi di armatura dotati di valvole per l'iniezione devono essere scovolati internamente, dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, per asportare le eventuali sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole, in numero di almeno 2 ÷ 3 per metro lineare, sono costituite da manicotti di gomma dello spessore minimo di 3.5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in tondo di acciaio (∅ 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

In alternativa l'Appaltatore può sottoporre all'approvazione della D.L. l'impiego di tipi di valvole brevettate o comunque sperimentate, fornendo la relativa documentazione tecnica ed esempi di lavori svolti.

La valvola inferiore viene posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo. Le armature tubolari devono essere dotate di distanziatori non metallici, per assicurare un copriferro minimo di 1.5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

12.3.1 Formazione del fusto del micropalo

12.3.2 *Generalità*

La formazione del fusto deve iniziare immediatamente dopo la perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice deve restare in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvedere quindi alla pulizia del foro subito prima che inizino le operazioni di posa dell'armatura e di getto della malta. Fanno eccezione solo i micropali perforati interamente in roccia, in assenza di franamenti e di acqua nel foro.

12.3.3 *Micropali a gravità*

Il riempimento del foro, dopo la posa dell'armatura, deve avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10 ÷ 15 cm dal fondo.

Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi, ovvero di peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore è dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico, oppure connesso ad una pompa; si può anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare.

Nel caso di miscela con inerti fini (polverini) o senza inerti, per il getto si può usare l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si deve ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, avente diametro contenuto entro il limite sopracitato.

Il riempimento viene proseguito fino a che la malta immessa risale in superficie senza inclusioni o miscelazioni con il fluido presente nel foro. Si ha cura inoltre di accertare la necessità o meno di rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

12.3.4 *Micropali a bassa pressione*

Il foro deve esser interamente rivestito; l'iniezione della malta avviene in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite tubo di convogliamento come descritto nel paragrafo precedente. Successivamente si applica al rivestimento un'idonea testa a tenuta alla quale si invia aria in pressione (0.5 ÷ 0.6 MPa) mentre si solleva gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonta allora la sezione superiore del rivestimento e si applica la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabbocco dall'alto per riportare a livello la malta. Si procede analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.
In relazione alla natura del terreno si può essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5 m di rivestimento da estrarre, per evitare la frattura idraulica degli strati superficiali.

12.3.5 *Micropali con iniezione ripetuta, ad alta pressione*

Le fasi della formazione del fusto sono le seguenti:

- Formazione della guaina, cioè riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo valvolato e le pareti del foro, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice la valvola più bassa, fino a che la malta risale a bocca foro. Qualora si impieghi in perforazione una miscela di cemento e bentonite destinata a rimanere nel foro per la formazione della guaina, essa sarà confezionata con i seguenti rapporti in peso:
- bentonite/acqua : 0.05 ÷ 0.08
- cemento/acqua : 0.18 ÷ 0.23.

- Lavaggio con acqua all'interno del tubo valvolato.
- Iniezione ad alta pressione.

Avvenuta la presa della malta si iniettano, valvola per valvola, volumi di malta non eccedenti il triplo del volume del perforo di competenza della valvola che viene iniettata,

senza superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage"), segnalata da un brusco calo di pressione nelle fasi di iniezione.

- Lavaggio con acqua all'interno del tubo.
- Ripetizione dell'iniezione in pressione, a presa avvenuta della malta precedentemente iniettata, limitatamente alle valvole per le quali:
- il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto a causa dell'incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0.7 MPa.

Al termine delle iniezioni si riempie per gravità il tubo valvolato.

Caratteristiche delle malte e delle paste cementizie:

- rapporto acqua/cemento : < 0.5
- resistenza cubica : ≥ 30 MPa.

In relazione alle prescrizioni di progetto, può essere aggiunto alla miscela acqua/cemento un inerte costituito da sabbie fini, ceneri volanti o polverino di calcare, questi ultimi totalmente passanti al vaglio da 0.075 mm.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto, deve essere adottato comunque il dosaggio minimo di kg 900 di cemento per metro cubo di impasto.

Per una corretta posa in opera si possono anche aggiungere fluidificanti non aeranti ed eventualmente bentonite, quest'ultima in misura non superiore al 2% in peso del cemento.

12.4.1 Scapitozzatura

La scapitozzatura delle teste dei micropali deve essere eseguita sino alla completa eliminazione di tutto il tratto in cui le caratteristiche dei micropali non corrispondono a quelle di progetto.

Ove, al termine di tale operazione, la testa del micropalo risulti a quota inferiore di quella di progetto, è onere dell'Appaltatore procedere al ripristino del palo sino alla quota suddetta.

12.5.1 Documentazione

Per ogni singolo palo verranno registrati su apposite schede i seguenti dati:

- numero e dimensioni effettive;
- data di perforazione;
- profondità effettiva rispetto al riferimento;
- modalità di perforazione;
- composizione della malta di iniezione;
- tipo di armatura;
- assorbimento totale effettivo di malta immessa;
- pressione di iniezione (quando applicabile);
- prove di rottura a compressione semplice sui provini della malta utilizzata

13 TIRANTI DI ANCORAGGIO NEI TERRENI

13.1 Definizioni e scopo

I tiranti di ancoraggio sono elementi strutturali operanti in trazione ed atti a trasmettere forze al terreno.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione) che trasmette al terreno le forze di trazione del tirante;

In relazione alla durata di esercizio definita nel progetto i tiranti si distinguono in:

- provvisori, se la durata della funzionalità non supera i trenta mesi;
- permanenti, se la durata della funzionalità eguaglia o supera i trenta mesi.

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti saranno definite nel progetto esecutivo.

13.2 Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dell'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova, che saranno pagati con i relativi prezzi di elenco.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dalla Direzione Lavori in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero dovrà essere pari al 2% del numero totale dei tiranti con un minimo di 2.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti di progetto, e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione l'entità del carico massimo di prova, e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni "A.I.C.A.P." su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1983), nonché al DM 14/01/2008.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso a sua cura e spesa a nuove prove

tecnologiche in ragione dello 0,5% del numero totale dei terreni ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

13.3 Materiali ed elementi costruttivi

13.3.1 *Acciai e dispositivi di bloccaggio*

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei terreni di ancoraggio e i dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti.

13.3.2 *Miscele di iniezione: composizione e controlli*

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione:

- cemento d'altoforno o pozzolanico: kg 100;
- acqua: kg 40 – kg 45;
- filler calcareo o siliceo: kg 0 – kg 4;
- eventuali additivi (fluidificanti, antiritiro)

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro inferiore allo 0,05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri inferiore allo 0,15% in peso. L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI7163 dell'aprile 1979. Il filler dovrà presentare un passante al setaccio n. 37 della serie UNI n. 2332 (apertura 0,075 mm) inferiore al 3% in peso.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni:

- fluidità MARSCH da 10" a 35";
- essudazione < 2%;
- resistenza a compressione a ventotto giorni >Mpa 25.

La prova di fluidità e la prova di essudazione dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa all'inizio di ciascuna giornata lavorativa ed in ogni caso ripetute dopo l'iniezione di 50 ancoraggi.

Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non fornisse risultati conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

Dovrà essere fatto il controllo della resistenza a compressione della miscela mediante prelievi per ogni tirante.

La miscela dovrà essere confezionata mediante mescolatori ad alta velocità di rotazione (>20 giri/s) o a ciclone.

Le apparecchiature necessarie alla esecuzione delle prove per le miscele di iniezione impiegata, dovranno essere a disposizione in cantiere durante le lavorazioni.

Le prove per il controllo della resistenza a compressione delle miscele utilizzate dovranno essere eseguite a cura e spesa dell'Impresa, presso Laboratori Ufficiali.

13.3.3 *Elementi di protezioni*

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

classe 2, per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e lascia per il tratto libero, sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a mm 1,5 e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno mm 5. Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > mm 5 ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a mm 8.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo e tra armatura e guaina dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

13.3.4 *Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione*

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione. La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazioni e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a m 5 nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a interassi di m 2,0 – m 2,5 in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi. Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione.

Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;
- avere diametro interno minimo orientativamente pari a mm 10 nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a mm 16 in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela di iniezione.

13.4 Tolleranze geometriche

Le tollerante ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto salvo diversa indicazione della Direzione Lavori;
- la variazione di inclinazione e di direzione azzimiate non dovrà essere maggiore di + 2°;

– la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di cm 10 dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi al progetto, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori.

13.5 Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione. Il foro dovrà essere rivestito caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle parti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

– l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
– la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite. L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda. Al termine della perforazione di dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso di terreni con prevalente componente argillosa, o di rocce marmose tenere, la fase finale del lavaggio sarà eseguita con sola aria.

Qualora previsto da progetto e compatibilmente con la natura dei terreni si potranno ottenere delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova, e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

13.6 Assemblaggio e posa delle armature

Nel caso di impiego di armature e trefoli gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento a pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo eventualmente il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere, dovrà essere predisposta a cura e spese dell'Impresa ed in prossimità del luogo di impiego una adeguata attrezzatura per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tal caso i componenti, ed in particolare l'acciaio dovranno essere immagazzinati convenientemente, possibilmente al coperto, in modo che non subiscano danneggiamenti durante la giacenza.

Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possono danneggiare l'ancoraggio.

Pertanto la confezione degli ancoraggi dovrà avvenire sempre su apposito banco e non a terra.

La confezione degli ancoraggi dovrà essere affidata a personale esperto e consisterà nelle seguenti fasi principali:

- taglio dei trefoli a misura;
- interposizione dei distanziatori interni ai trefoli;
- montaggio dei condotti di iniezione;
- infilaggio delle guaine su tutta la lunghezza dell'ancoraggio o sulla parte libera dello stesso;
- esecuzione del tampone di separazione tra la fondazione e la parte libera dell'ancoraggio;
- montaggio degli eventuali distanziatori, necessari al centraggio dell'ancoraggio nel foro di alloggiamento;
- eventuale montaggio del dispositivo di bloccaggio, nei casi in cui questa operazione sia prevista prima dell'infilaggio dell'ancoraggio nel foro;
- accurata sigillatura di tutte le giunzioni per evitare le perdite di impermeabilità della guaina.

Nel caso di impiego di ancoraggi con armature a barre, per i quali l'assemblaggio è fatto in opera, le operazioni di assemblaggio dovranno essere eseguite da personale esperto ed essere effettuate via via che la barra viene infilata nel foro avendo cura che il collegamento dei vari tronchi, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che parallelamente le sigillature della eventuale guaina siano accuratamente eseguite.

La posa in opera delle armature dovrà avvenire secondo modalità approvate dalla Direzione Lavori che ne assicurino il corretto posizionamento e l'efficacia della connessione al terreno.

13.7 Connessione al terreno

13.7.1 *Iniezione semplice*

Si eseguirà il riempimento con la miscela sia dell'intercapedine tra la guaina ed il foro, che di tutto lo spazio tra l'eventuale guaina corrugata e l'armatura lungo la fondazione del tirante; tale spazio dovrà essere collegato alla bocca del foro da un tubetto di sfiato che consenta la fuoriuscita di tutta l'aria contenuta e l'iniezione dovrà essere proseguita fino alla fuoriuscita della miscela dal tubetto di sfiato.

L'iniezione semplice si adotterà: in terreni di granulometria grossolana (ghiaie, ciottoli) nei quali una porzione rilevante della malta iniettata va a compenetrare il terreno intorno al foro; in rocce lapidee ed in terreni coesivi mediante compatti, congiuntamente alla tecnica di perforazione con allargatori.

Il riempimento dell'intercapedine tra perforazione e guaina della parte libera sarà assicurato immettendo la miscela nel punto più profondo del foro a boccaforo e vi permanga finchè interviene la presa: ove occorra si provvederà a riprese dell'iniezione o a rabbocchi per ottenere che la condizione sia rispettata.

13.7.2 *Iniezione ripetuta in pressione*

Si adotterà in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 500 Mpa. L'iniezione di quantità controllate della miscela cementizia in più fasi successive, fino ad ottenere pressioni di iniezioni residue di Mpa 0,8-1,5, dovrà avere lo scopo di ottenere una serie di sbulbature lungo la fondazione del tirante e ad instaurare nel terreno circostante un campo tensionale di compressione, favorevole alla mobilitazione di elevate resistenze al taglio per attrito.

L'iniezione in pressione avverrà tramite un tubo a perdere dotato di valvole di non ritorno a manicotto, regolarmente intervallate a cm 75 di interasse lungo il tratto di fondazione del tirante.

Il tubo potrà essere disposto:

- coassialmente all'armatura ed avere diametro adeguato nel caso di tiranti senza guaina

lungo la fondazione;

– esterno all'armatura, in acciaio, posto in opera preventivamente alla posa dell'armatura;

– coassiale all'armatura, ma interno alla guaina grecata di protezione e dotato di valvole che sboccano all'esterno di essa per la formazione delle sbulbature nel terreno; altre valvole; interne alla guaina, servono per il riempimento dell'intercapedine guaina/armatura.

Le fasi dell'iniezione saranno le seguenti:

I) riempimento della cavità a ridosso delle pareti della perforazione, ottenuta alimentando la miscela dalla valvola più profonda in modo da ottenere la risalita fino alla bocca del foro; al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo a valvole;

II) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi i miscela non eccedenti le seguenti quantità:

diametro foro (mm)	Da 90 a 120	Da 121 a 170	Da 171 a 220
Vmax (litri/valvola)	45	65	90

Tali iniezioni dovranno essere effettuate senza superare la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (claquage). al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo.

III) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, osservando gli stessi limiti di volume, limitatamente alle valvole per le quali, nella fase II):

– il volume non abbia raggiunto i limiti sopra indicati, a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;

– le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 0,7 Mpa;

IV) l'iniezione può essere ripetuta ulteriormente, sempre senza superare i limiti di volume anzidetti e dopo la presa delle iniezioni delle fasi precedenti, qualora ciò risultasse necessario per il raggiungimento della desiderata capacità portante del tirante.

Al termine delle operazioni di connessione al terreno del tirante si procederà alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio il quale dovrà essere in perfette condizioni e privo di ruggine e di incrostazioni di qualsiasi natura.

13.8 Tesatura e collaudo

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo. L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori. La trazione di collaudo (Nc) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio (Nes).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento No=0,10 Nes e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

Successivamente si porterà gradualmente e senza interruzioni la forza applicata da No a Nc e si misurerà il corrispondente allungamento ("delta" I).

Si manterrà il valore per un periodo di tempo ("delta" T) almeno pari a 5' per tiranti

13.9 Documentazione dei lavori

Per ogni tirante, sia preliminare di prova che di progetto, dovrà essere compilata dall'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, una scheda recante le seguenti indicazioni:

- diametro, lunghezza e sistema di perforazione;
- eventuali iniezioni preliminari di intasamento;
- tipo e dimensioni delle armature metalliche;
- lunghezza del tratto attivo;
- quantità di malta iniettata e sua composizione;
- risultati delle prove di collaudo (forze applicate e allungamenti corrispondenti misurate come descritto al relativo paragrafo);
- data di perforazione, iniezione e tesatura di collaudo.