

# ALFI GREEN S.R.L.

**Impianto Agrivoltaico Avanzato denominato “Bandissolo” da 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da 12.000 kW, opere connesse ed infrastrutture indispensabili**

**Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE)**

**Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico Avanzato combinato con SdA e Opere Elettriche di Utenza**

**Allegato 09 - Relazione Disciplinare sulle Opere Civili**

Rev 0 – Dicembre 2024

Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n. 1220

## INDICE

1.	PREMESSA.....	5
2.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
2.1	ATTIVITÀ PRELIMINARI DELL'APPALTATORE .....	7
3.	SCAVI .....	9
3.1	SCAVI DI SBANCAMENTO E ASSIMILABILI, CON MEZZO MECCANICO.....	9
3.2	SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA.....	10
3.3	SCAVI PER FONDAZIONI IN GENERE ED ALTRI MANUFATTI INTERRATI .....	10
3.4	SCAVI A MANO O CON DEMOLITORE MECCANICO .....	11
3.5	DEMOLIZIONE DI TROVANTI .....	11
4.	RINTERRI E COLMATE.....	12
5.	RILEVATI .....	13
5.1	PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI .....	13
5.2	GEOTESSILE NON TESSUTO .....	13
5.3	PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA .....	14
5.4	FORMAZIONE DEL RILEVATO .....	15
5.5	IMPIEGO DI TERRE APPARTENENTI AI GRUPPI A2-6, A2-7 .....	16
5.6	STESA DEI MATERIALI .....	16
5.7	COMPATTAZIONE.....	16
5.8	CONDIZIONI CLIMATICHE .....	17
6.	MISTO GRANULARE NON LEGATO PER FONDAZIONE .....	19
6.1	DESCRIZIONE .....	19
6.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE .....	19
6.3	STUDIO PRELIMINARE .....	20
6.4	MODALITÀ ESECUTIVE.....	20
7.	MANUFATTI.....	22
7.1	MANUFATTI IN LAMIERA ZINCATA .....	22
7.2	ELEMENTI TUBOLARI .....	22
8.	CALCESTRUZZI .....	23
8.1	REQUISITI DEI MATERIALI DA IMPIEGARE, CONTENUTO D'ACQUA.....	23
8.2	LEGANTI.....	23
8.3	INERTI.....	23
8.4	CLASSE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI CALCESTRUZZI .....	24



8.5	CALCESTRUZZI MAGRI E DI RIEMPIMENTO.....	24
8.6	DETERMINAZIONE CLASSE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI CALCESTRUZZI .....	24
8.7	CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO.....	25
8.8	MODALITÀ ESECUTIVE DEI GETTI DI CLS .....	26
8.9	BENESTARE AI GETTI .....	26
8.10	CALCESTRUZZI GETTATI FUORI OPERA .....	27
8.11	PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ.....	27
9.	CASSEFORME PER OPERE DI CALCESTRUZZO .....	28
10.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	29
11.	TUBAZIONI PER CAVIDOTTI .....	30
12.	TUBI P.V.C. INSERITI IN OPERE DI CALCESTRUZZO .....	31
13.	POZZETTI .....	32
13.1	POZZETTI REALIZZATI IN OPERA .....	32
13.2	POZZETTI PREFABBRICATI .....	32
14.	CHIUSINI E GRIGLIE PER POZZETTI .....	33
15.	RECINZIONI, CANCELLI E DELIMITAZIONI .....	34
15.1	RECINZIONE TEMPORANEE DI DELIMITAZIONE.....	34
15.2	RECINZIONE DEFINITIVE DI DELIMITAZIONE .....	34
15.3	CANCELLI METALLICI .....	34
16.	TRASPORTO E COLLOCAZIONE DEI MATERIALI DI RISULTA A DISCARICA .....	35
17.	EDIFICI .....	36
17.1	CABINE DI CONVERSIONE CC/CA (POWER STATIONS).....	36
17.2	CABINE SERVIZI AUSILIARI.....	38
17.3	CABINE BATTERIE BESS E QUADRI DC-DC .....	38
17.3.1	DC/DC CONVERTER .....	40
17.4	MAGAZZINO E SALA DI CONTROLLO.....	41
17.4.1	SALA CONTROLLO .....	41
17.4.2	MAGAZZINO .....	43
17.5	EDIFICIO TECNICO DELLA CABINA UTENTE .....	43
17.5.1	SALA AT – QUADRO ELETTRICO 36 KV .....	43
17.5.2	SALA BT – QUADRI BT, SALA CONTROLLO E QUADRI MISURE .....	44
18.	PRESCRIZIONI TECNICHE .....	45
18.1	TEST E CERTIFICATI DI CONTROLLO QUALITÀ .....	45
18.1.1	CERTIFICATI DEI MATERIALI .....	45
18.1.2	CERTIFICATI DELLE PROVE .....	45

Questo documento è di proprietà di Alfi Green S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Alfi Green S.r.l.

## 1. PREMESSA

La società ALFI GREEN S.r.l. intende realizzare un impianto Agrivoltaico Avanzato ai sensi della normativa vigente, della potenza di 24.979,5 kWp, abbinato a un sistema di accumulo elettrochimico da circa 12.000 kW (di seguito denominato "Impianto"), che sarà situato nel comune di Argenta (FE). Limitatamente alle opere connesse sarà anche interessato il comune di Portomaggiore (FE).

Il progetto "**Bandissolo**", avrà una potenza complessiva in immissione pari a 30.000 kW e sarà collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto - Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore - Bando", come indicato dal Gestore di rete nella soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), trasmessa alla Società il 26 agosto 2024 e formalmente accettata il 13 settembre 2024.



Figura 1-1: Inquadramento delle opere progettuali su ortofoto

Le opere progettuali dell'impianto si possono così sintetizzare:

**1. Impianto agrivoltaico**– ubicato nel comune di Argenta (FE), sarà costituito da moduli fotovoltaici bifacciali e realizzato con strutture fisse orientate est-ovest. L'impianto è progettato per soddisfare pienamente i requisiti di impianto agrivoltaico avanzato ai sensi delle (i) **Linee Guida sugli impianti agrivoltaici**, pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) a giugno 2022, (ii) Norma tecnica CEI PAS 82-93 "Impianti Agrivoltaici", emanata a dicembre 2023, nonché (iii) del Decreto del Ministero dell'Ambiente della Sicurezza Energetica del 22 dicembre 2023 N.436 (DM Agrivoltaico) recante le disposizioni per l'incentivazione della realizzazione dei

sistemi agrivoltaici di natura sperimentali in attuazione dell'articolo 114 comma 1 del D.Lgs. N.199 del 2021 ed in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previste dal piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR), e relative a regole operative emanate dal GSE. La potenza complessiva sarà pari a 24,98 MWp;

**2. Sistema di accumulo elettrochimico** (di seguito "BESS" o "SdA") – di tipo distribuito, sarà integrato all'interno dell'impianto agrivoltaico e interconnesso con lo stesso. Il sistema avrà una potenza di circa 12 MW, con una capacità di stoccaggio pari a 4 h;

**3. Linee in cavo interrato a 36 kV** (di seguito "Dorsali 36 kV") – collegheranno l'impianto fotovoltaico e le BESS alla cabina elettrica a 36 kV;

**4. Cabina elettrica a 36 kV** (di seguito "Cabina Utente") – sarà di proprietà della società e verrà posizionata all'interno dell'Impianto;

**5. Linea in cavo interrato a 36 kV** (di seguito "Linea 36 kV") – collegherà la Cabina Utente alla sezione a 36 kV della futura SE RTN 380/132/36 kV della RTN denominata "Portomaggiore", di proprietà di Terna. Tale linea si svilupperà per una lunghezza di circa 2,7 km;

**6. Stallo a 36 kV** (di seguito "Impianto di Rete") - consisterà nello stallo di arrivo produttore all'interno della sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV "Ferrara Focomorto – Ravenna Canala" e alla linea RTN a 132 kV "Portomaggiore – Bando".

Il progetto della stazione Terna di "Portomaggiore" e dei relativi raccordi linea è già stato benestariato dal Gestore di Rete Terna S.p.A. , ed autorizzato dagli enti competenti con D.D. n. DET-AMB-2024-3386 del 14/06/2024 rilasciata dall'ARPAE Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna. Il progetto autorizzato della SE RTN 380/132/36 kV e dei relativi raccordi linea, pertanto, non fa parte delle opere da autorizzarsi con la presente istanza.

L'impianto è completamente situato all'interno di "aree idonee" come definite dall'art. 20, comma 8, lettera c-quater del D.Lgs. 199/2021 e successive modifiche. Di conseguenza, il progetto è soggetto a una procedura autorizzativa semplificata, prevista dall'art. 22 dello stesso decreto legislativo e ss.mm.ii.

**Questa relazione costituisce il disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici relativi alle opere civili del progetto.**

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Durante la fase di cantiere saranno eseguite le seguenti operazioni principali:

**1. Movimentazioni di terra**, finalizzate alla realizzazione delle fondazioni per:

- la Cabina Utente;
- il cabinato magazzino e la sala controllo;
- le differenti cabine dell'impianto (power station, container batterie, cabine ausiliarie, container DC/DC);
- i cavidotti BT e 36 kV interni al sito;
- il cavidotto per la linea 36 kV di connessione alla futura stazione RTN.

**2. Esecuzione delle opere civili ed impiantistiche**, comprensive di tutte le strutture e gli impianti necessari.

Nella realizzazione dei campi fotovoltaici e del BESS, è prevista la compattazione in situ esclusivamente delle superfici adiacenti alle cabine elettriche che ospiteranno quadri, inverter, trasformatori e container batterie. Le aree rimanenti saranno lasciate indisturbate per preservare le caratteristiche naturali del territorio.

Per mitigare l'impatto visivo dell'impianto, è stata progettata una **fascia vegetale lungo l'intero perimetro esterno** con una larghezza di 5 metri. Inoltre, una seconda fascia di mitigazione interna, di circa 2,5 metri, sarà realizzata lungo entrambi i lati del corridoio del canale consortile "Scolo Cardinala".

Il **sistema di illuminazione e antintrusione perimetrale** sarà attivato esclusivamente in caso di intrusioni o durante attività di manutenzione. Questo sistema prevede l'installazione di lampioni distanziati ogni 50-70 metri.

### 2.1 ATTIVITÀ PRELIMINARI DELL'APPALTATORE

Prima dell'avvio dei lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire le seguenti attività:

**1. Individuazione delle aree interessate dalle opere**, comprendenti:

- l'area destinata all'Impianto Agrivoltaico e al BESS;
- l'area della Cabina Utente;
- le aree di cantiere e di stoccaggio temporaneo;
- le aree delle dorsali di collegamento a 36 kV;
- l'area per la Linea a 36 kV di collegamento tra la Cabina Utente e la futura Stazione RTN "Portomaggiore".

**2. Tracciamento delle opere**, mediante:

- materializzazione dei picchetti di tracciamento o integrazione di quelli esistenti;
- identificazione dei limiti della viabilità di accesso.

**3. Definizione delle aree di scavo**, garantendo che eventuali rilevati non interferiscano con aree non acquisite.

**4. Preparazione delle aree per le successive lavorazioni**, che include:

- pulizia del terreno con rimozione di ceppi e massi erratici;
- regolarizzazione del suolo per agevolare il transito dei mezzi e delle macchine operatrici;

- accantonamento del terreno vegetale per i successivi ripristini ambientali;
  - modellamento delle scarpate per favorire la rinaturalizzazione già in fase esecutiva.
5. **Salvaguardia dei pozzetti protettivi di strumentazione geotecnica di controllo**, eventualmente installata durante la fase di indagini geognostiche in sito.



### 3. SCAVI

È prevista l'esecuzione di scavi di vario genere e di qualsiasi forma e dimensione, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, secondo le sagome di progetto e/o quelle richieste dalla Direzione Lavori (D.L.).

Ove indicato in progetto, la sequenza delle fasi esecutive e l'estensione delle aree di scavo costituiscono vincolo tecnico prioritario su ogni altra esigenza operativa e logistica e pertanto debbono essere scrupolosamente osservate e poste in essere.

L'Appaltatore è tenuto a porre in atto, di propria iniziativa ed impiegando i mezzi più idonei, ogni accorgimento affinché gli scavi vengano eseguiti in condizioni di sicurezza; di conseguenza è tenuto ad eseguire - non appena le circostanze lo richiedano - le puntellature, le armature, ed ogni altro provvedimento atto a prevenire frane, scoscendimenti o smottamenti, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione dei terreni franati.

Le superfici degli scavi devono essere sistemate e rifinite secondo le sagome e pendenze prescritte; da esse devono essere asportati tutti gli elementi smossi od alterati. Le eventuali superfici rocciose, prima di iniziare eventuali getti, devono venire pulite con soffiature d'aria e acqua a forte pressione.

La profilatura dei piani di fondazione deve avvenire, di norma, sempre per asportazione e mai per riporto di materiale.

È vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolizione del già fatto, di iniziare getti di cls, rilevati, bonifiche, etc. prima che la Direzione Lavori (D.L.) ne abbia verificati ed accertati i piani di appoggio.

Prima di iniziare le operazioni di scavo l'Appaltatore deve provvedere al taglio di piante, arbusti e cespugli, accatastando il legname ridotto in elementi trasportabili nel luogo prossimo al cantiere indicato dal Committente o previsto in progetto.

L'Appaltatore deve provvedere al convogliamento ed all'allontanamento delle eventuali acque presenti negli scavi, qualsiasi origine e provenienza esse abbiano, anche se per far ciò è necessario il sollevamento per mezzo di pompe, l'intubamento, l'imbrigliamento, la canalizzazione, ed altri artifici del genere.

Tutti i materiali di risulta provenienti da qualsiasi tipo di scavo, ove non siano riutilizzabili, devono essere collocati a sistemazione definitiva.

Sono a carico dell'Appaltatore anche gli oneri per l'eventuale accatastamento in cantiere del materiale scavato prima del suo riutilizzo nella formazione di rilevati o di riempimenti.

In ogni caso i materiali devono essere depositati a sufficiente distanza dallo scavo e non devono risultare di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti sulla superficie.

#### 3.1 SCAVI DI SBANCAMENTO E ASSIMILABILI, CON MEZZO MECCANICO

Per scavi di sbancamento si intendono gli scavi ubicati al di sopra del piano indicato nei disegni di progetto o da altro documento contrattuale come "piano di sbancamento".

Sono da considerare "assimilabili" a quelli "di sbancamento" gli scavi da effettuare per la gradonatura dei piani di posa dei rilevati, per la regolarizzazione della superficie della pista, per la preparazione dei piani per la realizzazione di gabbionate, per la bonifica di superfici piane od inclinate negli spessori già previsti in progetto e/o richiesti dalla D.L., anche se sottostanti il "piano di sbancamento" prima definito od a questo non strettamente correlabili, anche se eseguiti in fasi successive.

La gradinatura dei piani di posa dei rilevati deve avere una profondità media di 40 cm e deve essere effettuata previo taglio dei cespugli e l'estirpazione delle ceppaie.

Sono inoltre da considerarsi "assimilabili" a quelli "di sbancamento" gli scavi da effettuare, per l'allargamento e la riprofilatura, ove necessario al transito degli automezzi per il trasporto al sito delle attrezzature, della carreggiata della strada esistente e per la formazione di cassonetti.

Gli scavi di sbancamento e assimilabili devono essere eseguiti con mezzi meccanici e rifiniti a mano, in modo tale da ottenere i piani e le sagome previsti dai disegni di progetto ovvero ordinati in loco dalla D.L.

### 3.2 SCAVI A SEZIONE OBBLIGATA

Con questa dizione si intendono gli scavi per fondazioni, cavidotti, fognature, drenaggi, gabbionate, etc.

Quando non diversamente richiesto dalla D.L., le pareti di detti scavi sono da prevedersi con inclinazione indicata nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento.

Previo benestare da parte della D.L. e del Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione (C.S.E.), quando non diversamente possibile, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti verticali; in ogni caso l'Appaltatore è tenuto a porre in atto, di propria iniziativa ed impiegando i mezzi più idonei, ogni accorgimento affinché vengano eseguiti in condizioni di sicurezza, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione dei terreni franati.

In tutti i casi - salvo diversa e motivata disposizione della D.L. - la valutazione della quantità di scavo viene eseguita considerando gli scavi con pareti verticali e non viene compensato né il maggior volume di scavo eseguito, rispetto a quello a pareti verticali, né il rinterro con idonei materiali o il riempimento con murature del maggior vano creatosi.

Nel caso di scavi per drenaggi è esplicitamente richiesta l'esecuzione a brevi tratti.

In generale a scavo ultimato, la sede relativa deve risultare sgombra dai materiali di risulta dello scavo stesso ed in particolare, nel caso degli scavi per cavidotti, le pareti dello scavo devono risultare il più possibile verticali e regolari.

Se non diversamente disposto dalla D.L. il materiale di scavo, nel caso di scavi a sezione obbligata, si intende da riutilizzare nell'ambito del cantiere.

Per l'esecuzione degli scavi in situazione ove la presenza di roccia e la sua disposizione spaziale impongono l'individuazione di tecniche e/o mezzi d'opera di particolare natura, la scelta da operare al riguardo deve essere concordata tra l'Appaltatore e la D.L. in modo da ottimizzare le attività sia sotto il profilo della compatibilità temporale sia sotto quello della economicità generale dell'intervento.

### 3.3 SCAVI PER FONDAZIONI IN GENERE ED ALTRI MANUFATTI INTERRATI

Sono anch'essi scavi a sezione obbligata, con dimensioni variabili, per esecuzione di drenaggi, fognature, pozzetti, vasche, incasso per gabbionate, etc., da realizzare con macchine operatrici meccaniche ed eventualmente rifinite a mano.

### 3.4 SCAVI A MANO O CON DEMOLITORE MECCANICO

Vanno eseguiti solo su espressa richiesta della D.L., in casi particolari, difficoltà logistiche e/o ambientali ove non sia possibile procedere diversamente. Tali scavi possono essere spinti a qualsiasi profondità, in terreno di qualunque natura e consistenza e/o in banchi di roccia.

Si precisa che per "banco di roccia" si intende un ammasso di roccia non frantumabile con benne di escavatore e/o lame/rip di bulldozer, avente caratteristiche di inamovibilità dalla sede in cui viene rinvenuto.

### 3.5 DEMOLIZIONE DI TROVANTI

I trovanti di roccia del volume superiore a mc 0,500 devono essere ridotti di dimensione fino a consentirne il trasporto alla discarica; qualunque onere e artificio è da ritenersi compreso e compensato.

Non sono considerati trovanti i massi erratici rinvenuti nello scavo quando questi, singolarmente, misurati all'interno della sezione dello scavo, non superino il volume di 0,5 mc; nessun compenso, pertanto, sarà corrisposto all'Appaltatore per la loro asportazione, sia che a ciò sia sufficiente l'impiego dell'escavatore, sia che si renda necessaria la loro riduzione o demolizione mediante l'uso del martello demolitore.

Analogamente non sono considerati trovanti i blocchi di roccia, anche superiori a mc 0,500, derivanti da eventuali precedenti operazioni di frantumazione meccanica di banchi di roccia.

## 4. RINTERRI E COLMATE

Gli scavi di fondazione in genere, di cavidotti, di canalizzazioni etc., che non sono occupati da strutture o rinfianchi di sorta, ad opera ultimata devono essere riempiti (rinterrati), fino alla quota prevista dagli elaborati di progetto, utilizzando i materiali provenienti dagli scavi, se vengono considerati idonei dalla D.L.; solo in casi particolari la D.L. può disporre l'esecuzione dei rinterrati con materiale diverso da quello proveniente dagli scavi, precisandone tipo e provenienza.

Il materiale per i rinterrati deve essere steso a strati orizzontali di spessore non superiore a 25 cm di altezza e compattato, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso la zona di compluvio, e/o sia profilato secondo quote e pendenze longitudinali e trasversali previste in progetto o disposte in loco dalla D.L. Si deve evitare la formazione di contropendenze, di sacche e ristagni.

L'Appaltatore non può sospendere l'esecuzione delle colmate senza che siano state date alle stesse configurazioni tali da assicurare lo scolo delle acque meteoriche.



## 5. RILEVATI

### 5.1 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI

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

Sarà di seguito eseguita la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta del rilevato per la profondità stabilita in progetto secondo le direttive impartite dalla D.L.. L'Impresa provvederà a far sì che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.

Il piano di posa dei rilevati dovrà essere approvato previa ispezione e controllo da parte della Direzione Lavori; in quella sede la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali coesivi, teneri o torbosi, in accordo con il Progettista, o per l'asportazione dei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza da parte dell'Impresa.

Laddove una maggiorazione di scavo sarà da imputarsi ad errori topografici, alla necessità di asportare quei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza dell'Impresa o a bonifiche non preventivamente autorizzate dalla Direzione Lavori, l'Impresa eseguirà detti scavi e il relativo riempimento con idonei materiali, a sua cura e spese.

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

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

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà provvedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (tra 1% e 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Quando siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati eccedenti i 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla Direzione Lavori un programma per l'installazione di piastre assestometriche.

La posa in opera delle piastre e la rilevazione degli eventuali cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa in accordo con la Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

### 5.2 GEOTESSILE NON TESSUTO

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene o poliestere, di peso non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup>.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

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

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

**Tabella 5-1: Requisiti Geotessile non tessuto**

<b>Peso (UNI 5114)</b>	<b><math>\geq 300 \text{ g/m}^2</math></b>
Resistenze a trazione su striscia di 5 cm (UNI8639)	$\geq 18 \text{ kN/m}$
Allungamento (UNI8639)	$\geq 60\%$
Lacerazione (UNI 8279/9)	$\geq 0,5 \text{ kN/m}$
Punzonamento (UNI8279/14)	$\geq 3 \text{ kN}$
Permeabilità radiale all' acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI8279/13)	$\geq 0,8 \text{ cm/s}$
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi del terreno che attraversano il geotessile	$\leq 100\mu\text{m}$

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

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

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

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

### 5.3 PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA

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

**Tabella 5-2: Requisiti prove**

Tipo di prova	S=0-1 m	S=1-2 m	S>2 m
Prove di carico su piastra: una ogni	1500 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	3000 m <sup>2</sup>
Prove di densità in sito: una ogni	1500 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	3000 m <sup>2</sup>

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

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

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 10 ogni 1000 m<sup>3</sup>. Le prove di controllo sono tutte a totale cura e spese dell'Impresa.

## 5.4 FORMAZIONE DEL RILEVATO

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme C.N.R. - UNI 10006, di cui si allega tabella. Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, fatta eccezione per l'ultimo strato di 30 cm ove dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A1-a e A3, e non saranno ammesse rocce frantumate con pezzature grossolane.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nel restante rilevato se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 30 cm. Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato.

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo.

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

**CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE - TABELLA C.N.R. - UNI 10006**

Classificazione generale		Terre ghiaio-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 < 35%						Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%						Torbe e terre organiche palustri
Gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7		A8		
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6		
Analisi granulometrica Frazione passante al setaccio 2 UNI 2332 % 0,4 UNI 2332 % 0,075 UNI 2332 %	≤ 50 ≤ 30 ≤ 15	≤ 50 ≤ 25	≤ 50 ≤ 10	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35	≤ 35 ≤ 35 ≤ 35		
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332 Limite liquido Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10		
Indice di gruppo	0		0	0			≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pumice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limo poco compressibile	Limo fortemente compressibile	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche		
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono						Da mediocre a scadente						Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media			
Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato			
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa						Scarsa o nulla					
Identificazione del terreno in sito	Facilmente individuabile a vista	Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo Aspri al tatto Una tenacità media o elevata allo stato asciutto Indica la presenza di argilla				Reagiscono alle prove di scuotimento * Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto. Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento * Tenaci allo stato asciutto Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno o nero Facilmente individuabili a vista		

\* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi e le argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

\* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi e le argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

Figura 5-1: Classificazione delle terre

## 5.5 IMPIEGO DI TERRE APPARTENENTI AI GRUPPI A2-6, A2-7

Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto; il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale previa sovrapposizione ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

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

Quanto sopra allo scopo di contenere a limiti minimi, ritiri e rigonfiamenti di materiali.

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

## 5.6 STESA DEI MATERIALI

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

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%.

In presenza di paramenti di rilevati in terra armata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti.

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

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

Comunque, tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, o con rocce frantumate;
- 40 cm per rilevati in terra armata;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7.

## 5.7 COMPATTAZIONE

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

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

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori;



nelle fasi iniziali del lavoro, l'Impresa dovrà adeguare le proprie modalità esecutive in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

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

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

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare, si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra armata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

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

A ridosso delle murature dei manufatti si dovrà eseguire la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

Il cemento potrà essere del tipo I, II, III, IV, V 32,5 o 32,5R ed in ragione di 25÷50 kg/m<sup>3</sup> di materiale compattato.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento da utilizzare, in funzione del materiale da impiegare e delle condizioni operative da affrontare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della densità max AASHTO Mod. procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezoidale avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

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

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta l'Impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

## 5.8 CONDIZIONI CLIMATICHE

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

Nell'esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione anche dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

## 6. MISTO GRANULARE NON LEGATO PER FONDAZIONE

### 6.1 DESCRIZIONE

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

La fondazione potrà essere formata da materiale d'apporto idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore della fondazione deve essere conforme agli elaborati di progetto.

### 6.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- L'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- Granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

Tabella 6-1: Curve limite

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso %
Crivello 70	100
Crivello 40	75-100
Crivello 25	60-87
Crivello 10	35-67
Crivello 5	25-55
Setaccio 2	15-40
Setaccio 0,4	7-22
Setaccio 0,075	2-10

- Rapporto tra il passante al setaccio UNI 0,075 mm ed il passante al setaccio UNI 0,4 mm inferiore a 2/3;
- Perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;
- Equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4: compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo di scuotimento meccanico). Tale controllo deve anche essere eseguito sul materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia "65" potrà essere modificato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35 la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso d'elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R. di cui al successivo comma;

- Indice di portanza C.B.R. (CNR-UNI 10009 - Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra) dopo quattro giorni d'imbibizione in acqua, eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm, non minore di 50.

È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso d'elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, d, e, salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia un equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

## 6.3 STUDIO PRELIMINARE

Le caratteristiche suddette devono essere accertate dalla Direzione Lavori mediante prove di Laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti d'approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che sarà impiegata.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio dell'esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

I requisiti d'accettazione saranno inoltre accertati con controlli della Direzione Lavori sia in cava, sia preliminarmente sia in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

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

## 6.4 MODALITÀ ESECUTIVE

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

Il materiale sarà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta d'acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso d'umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).



Il costipamento d'ogni strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 0,18. Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso d'elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta sarà corretta in base alla formula:

$$dr = \frac{di \text{ Pc } (100 - x)}{100 \text{ Pc} - x \text{ di}}$$

dr = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in Laboratorio

di = densità della miscela intera

Pc = peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

X = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso d'elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40%. In tal caso nella stessa formula, al termine x, deve essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione Md, accertato secondo le modalità previste dalle Norme, nell'intervallo compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm<sup>2</sup>, non deve essere inferiore a 1.000 daN/cm<sup>2</sup>.

Il modulo elastico dinamico reale calcolato tramite il programma "PASTREV" della Società dai valori rilevati in opera con prove dinamiche tipo F.W.D. effettuate sullo strato di fondazione, sarà il riferimento prestazionale.

La media dei valori di modulo in daN/cm<sup>2</sup> ricavata da misure effettuate ogni 100 m e riferite a tratti omogenei del lavoro di almeno 400 m di lunghezza deve risultare superiore a 1.850 daN/cm<sup>2</sup>. Per valori inferiori, al misto si effettuerà una detrazione del 10% sul prezzo dello strato e del pacchetto di strati ad esso sovrapposti.

La superficie finita non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato per mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

## 7. MANUFATTI

### 7.1 MANUFATTI IN LAMIERA ZINCATA

Ove previsto in progetto o richiesto dalla D.L. si deve provvedere alla fornitura e posa in opera di manufatti portanti in lamiera zincata, generalmente ondulata, costituiti da elementi prefabbricati e componibili in opera mediante ganci o bullonatura, secondo determinate forme standard, tipo Armco Finsider o Fracasso o equivalenti. La scelta dei manufatti da utilizzare e lo spessore delle lamiere deve essere preventivamente concordato con la D.L.

### 7.2 ELEMENTI TUBOLARI

Devono essere utilizzati per condotte portanti (singole o affiancate) in tombamenti o attraversamenti stradali di corsi d'acqua, in tombini stradali, e per condotte drenanti (del tipo microfessurato od a giunti aperti, in vari diametri); possono eventualmente essere utilizzati anche per cassettonatura di scavi a pozzo (disposti con asse verticale) e per eventuali altri usi richiesti dalla D.L.

## 8. CALCESTRUZZI

### 8.1 REQUISITI DEI MATERIALI DA IMPIEGARE, CONTENUTO D'ACQUA

I materiali che sono usati per la preparazione dei calcestruzzi devono essere perfettamente idonei ed approvati dalla D.L.

In ogni caso tutti i materiali devono corrispondere a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche" approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 al quale si fa riferimento per il tipo ed il numero dei controlli e le prove sui materiali da eseguire, salvo quanto diversamente specificato nel presente Capitolato Tecnico.

Il rapporto acqua/cemento deve essere scelto opportunamente (vedi UNI EN 206-1) in modo da consentire la realizzazione di calcestruzzi di elevata impermeabilità e compattezza e da migliorare la resistenza alla carbonatazione ed all'attacco dei cloruri; deve essere comunque utilizzato un rapporto acqua/cemento non superiore a:

- 0,45 per tutti gli elementi strutturali in c.a.
- 0,50 per tutti gli altri elementi.

Il controllo di quanto sopra prescritto viene effettuato, su richiesta della D.L., verificando sia la quantità di acqua immessa nell'impasto sia l'umidità degli inerti (metodo SPEEDY TEST).

### 8.2 LEGANTI

I leganti da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla Norma UNI EN 206-1 e UNI ENV 197-1.

Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanico.

Il dosaggio minimo di cemento per m<sup>3</sup> di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro massimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981 - Parte 2<sup>a</sup> sulla durabilità del calcestruzzo, il tutto come riportato negli elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

### 8.3 INERTI

Gli inerti possono provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e possono essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Devono essere accuratamente vagliati e lavati, privi di sostanze terrose ed organiche, provenienti da rocce non scistose né gelive, opportunamente miscelati con sabbia di fiume silicea, aspra al tatto, di forma angolosa e granulometricamente assortita.

Gli aggregati da utilizzare nella confezione dei calcestruzzi devono soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre senza pericolo di segregazione (UNI 9858), ed in particolare:

- D15 per spessori di calcestruzzo minori o uguali a 15 cm;
- D30 per spessori di calcestruzzo maggiori di 15 cm.

La conformità degli inerti e delle miscele di inerti a quanto prescritto dalle Norme sopra citate deve essere comprovata da apposite prove condotte da un Laboratorio Ufficiale, il quale ne deve rilasciare attestato mediante Relazione Tecnica che deve essere esibita alla Committente dall'Appaltatore, cui ne compete l'onere.

Per getti particolari, a discrezione della D.L., è a carico dell'Appaltatore provvedere allo studio dei più idonei dosaggi dei vari componenti in base ad apposite ricerche condotte da un Laboratorio Ufficiale.

## 8.4 CLASSE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI CALCESTRUZZI

Tutte le strutture per fondazioni, platee, pozzetti, muri ecc. devono essere realizzate con calcestruzzo della classe specificata sugli elaborati progettuali per ogni singola opera e/o indicata dalla D.L. (di norma classe di resistenza minima Rck 25

N/mm<sup>2</sup>).

I getti di sottofondazione, rinfilanco ed allettamento nonché eventuali getti per finiture stradali vengono realizzati utilizzando calcestruzzo confezionato con classe di resistenza minima Rck 20 N/mm<sup>2</sup>).

Lo slump deve essere costantemente controllato nel corso del lavoro dall'Appaltatore mediante il cono di Abrams e non può mai superare i valori prescritti dalla D.L. per ogni classe, mentre detti valori possono essere ridotti quando sia possibile ed opportuno per migliorare la qualità del calcestruzzo.

La classe di resistenza minima non dovrà in alcun modo essere inferiore ai valori indicati nel Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

## 8.5 CALCESTRUZZI MAGRI E DI RIEMPIMENTO

I cls magri per getti di pulizia di fondazione (magroni di sottofondazione), per appoggio di drenaggi e scogliere, etc., debbono essere dosati con q.li. 1,5-2,0 di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm<sup>2</sup> ) per ogni m<sup>3</sup> di impasto.

In casi particolari la D.L. può richiedere l'impiego di calcestruzzo magro dosato con q.li 0,50 di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm<sup>2</sup>) e con inerti dalla dimensione massima di 10 mm, per la realizzazione di riempimenti. Il calcestruzzo deve essere preparato con una consistenza tale da non richiedere interventi manuali per lo stendimento (autolivellante).

## 8.6 DETERMINAZIONE CLASSE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI CALCESTRUZZI

Per ogni singola classe di calcestruzzo, durante la posa in opera, vengono effettuati prelievi dagli impasti in ragione di almeno un prelievo in media ogni 50 m<sup>3</sup> di getto, e in numero maggiore ove specificato, e comunque in numero non inferiore a 2 prelievi di tre cubetti per ogni diversa fase di getto, al fine di accertare la rispondenza del calcestruzzo secondo le modalità indicate dal Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

I provini prelevati dall'Appaltatore su ordine della D.L., datati e contrassegnati in modo indelebile con riferimento al manufatto cui si riferiscono, sono conservati a cura del Committente che provvede a trasmetterli ad un Laboratorio ufficiale affinché siano sottoposti alle prove di schiacciamento. Il Committente stesso trasmette i risultati delle analisi alla D.L. per le opportune valutazioni.



L'onere del prelievo dei provini e del costo per le prove di schiacciamento presso il Laboratorio Ufficiale è a carico dell'Appaltatore.

La determinazione delle Classi viene eseguita separatamente:

- per ogni singola opera di volume superiore o uguale a 100 m<sup>3</sup>;
- per singole e/o gruppi di opere che vengono definite dalla D.L. in cantiere.

Qualora dalle prove di Laboratorio riferite a manufatti singoli, si ottenesse una Classe inferiore a quella prescritta, la D.L. la Committente può rifiutare l'opera realizzata con tale anomalia. In questo caso, resta all'Appaltatore l'onere di demolire e ricostruire, a sue spese, ogni opera alla quale si riferiscono i prelievi le cui prove hanno dato risultati insufficienti.

Durante la ricostruzione delle opere in discorso vengono effettuati nuovi prelievi, secondo le modalità sopra stabilite, i cui risultati devono dimostrare l'appartenenza del cls. alla Classe richiesta.

Tuttavia, la Committente - a suo insindacabile giudizio - può accettare, in luogo della demolizione che l'Appaltatore esegua a sua cura e spese, quelle opere di rafforzamento delle strutture che tecnicamente potessero ritenersi idonee e che consentissero alle strutture in questione di raggiungere una resistenza equivalente alla prescritta.

Tale idoneità ed equivalenza debbono essere esplicitamente accertate ed approvate dalla D.L. e quindi dalla Committente; in questo caso detti manufatti vengono esclusi dalla determinazione statistica della Classe del calcestruzzo.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Appaltatore se le resistenze caratteristiche dei provini di calcestruzzo risultassero maggiori di quelle previste negli elaborati progettuali.

## 8.7 CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

La Committente, a seguito di motivata richiesta scritta dall'Appaltatore, può autorizzare lo stesso ad approvvigionarsi di cls preconfezionato presso impianti di betonaggio della zona, purché in detti impianti si seguano le prescrizioni del Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e della UNI 9858.

L'Appaltatore resta comunque l'unico responsabile nei confronti della Committente per l'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere oggetto della presente fornitura e si obbliga a rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali (inerti, leganti, ecc.) sia per il confezionamento e trasporto in opera del conglomerato dal luogo di produzione al cantiere.

L'Appaltatore deve, con sufficiente anticipo sull'inizio dei getti, effettuare le indagini necessarie a definire in dettaglio la provenienza e le caratteristiche dei materiali da impiegare, che devono essere sottoposte alla autorizzazione del

Committente, il quale può richiedere la esecuzione di getti di prova e le conseguenti prove di laboratorio, il tutto a carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore inoltre assume l'obbligo di consentire che il personale della Committente, e della D.L. abbiano libero accesso al luogo di produzione del conglomerato per poter effettuare in contraddittorio con il rappresentante della fornitura i prelievi ed i controlli dei materiali, previsti nei paragrafi precedenti, il tutto a carico dell'Appaltatore.

È cura e onere dell'Appaltatore fornire alla D.L. idonea certificazione relativa alla composizione del cls proveniente dalla centrale di betonaggio.

## 8.8 MODALITÀ ESECUTIVE DEI GETTI DI CLS

Oltre a quanto previsto nel Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e nella UNI 9858 si precisa che il cls deve essere posto in opera, appena confezionato, in strati successivi fresco su fresco, possibilmente per tutta la superficie interessante il getto, convenientemente pestonato e vibrato con vibratori meccanici ad immersione o percussione, evitando accuratamente la segregazione degli inerti; si precisa che non possono essere eseguite interruzioni nei getti di cls se non previste nei disegni di progetto, ovvero preventivamente concordate con la Committente.

Le eventuali riprese di getto da fase a fase debbono avvenire previa opportuna preparazione delle superfici di ripresa, che devono essere scalpellate e pulite con getti di aria ed acqua in pressione.

I basamenti non aventi armatura metallica devono essere gettati in unica fase affinché il getto stesso risulti monolitico.

Per necessità logistiche od esecutive, in accordo con la D.L., i getti potranno essere effettuati con l'ausilio di pompa da calcestruzzo, naturalmente a cura e spese dell'Appaltatore, evitando nel contempo la caduta libera dell'impasto da altezze superiori a 1,5 m.

Tutte le superfici orizzontali dei getti di cls che rimarranno in vista devono essere rifinite e lisce a fratazzo fine, in fase di presa del getto.

È vietato porre in opera i calcestruzzi a temperatura inferiore a zero gradi centigradi.

I getti di cls devono essere eseguiti con una tolleranza massima di errore geometrico di  $\pm 0,5$  cm, errori superiori devono essere eliminati, a cura e spese dell'Appaltatore, e solo con le modalità che la D.L. riterrà opportune.

Al momento del getto, fermo restando l'obbligo di corrispondere alla Classe di resistenza a compressione prescritta, il calcestruzzo deve avere una Classe di consistenza tale da permettere una buona lavorabilità e nello stesso tempo da limitare al massimo i fenomeni di ritiro, nel rispetto del rapporto acqua/cemento sopra definito; tutti i getti dovranno comunque essere mantenuti convenientemente bagnati durante la prima fase della presa (almeno tre giorni) e protetti con sacchi di juta inumiditi.

Il trasporto del calcestruzzo fresco, dall'impianto di betonaggio alla zona del getto, deve avvenire mediante l'utilizzo di mezzi e con metodi idonei al fine di evitare la separazione degli inerti e di assicurare un approvvigionamento continuo del calcestruzzo per ogni fase di getto. L'intervallo di tempo tra l'esecuzione dell'impasto e la messa in opera del calcestruzzo non deve superare un ora avendo cura, per tutto il suddetto periodo, di mantenere la miscela in movimento. Particolare cura deve essere rivolta al controllo delle perdite di acqua per evaporazione durante il trasporto a mezzo di autobetoniere; a questo scopo, deve essere controllata la consistenza o la plasticità del calcestruzzo con prelievi periodici (slump), a giudizio della D.L.

## 8.9 BENESTARE AI GETTI

L'Appaltatore non può iniziare alcun getto di calcestruzzo senza aver prima ottenuto dalla D.L. apposito e specifico benestare.

Inoltre, l'Appaltatore, almeno 10 gg. prima dell'inizio del primo getto, deve presentare alla Committente la Relazione Tecnica sulla granulometria degli inerti, riportante pure la provenienza e la qualità degli stessi, integrandola con le notizie sulla marca ed il dosaggio del cemento e le quantità d'acqua che intende impiegare per la confezione del cls. di ciascuna classe di resistenza, anche in relazione alle additivazioni previste che devono essere analiticamente descritte.

## 8.10 CALCESTRUZZI GETTATI FUORI OPERA

Per il completamento di alcuni manufatti possono essere richiesti manufatti in cls. armato gettato fuori opera, con classe di resistenza a compressione minima di  $R_{ck} 25 \text{ N/mm}^2$  e comunque non inferiore ai valori indicati nel Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

I manufatti devono essere realizzati in forme e dimensioni diverse; le lastre di copertura devono esser tali da potersi sistemare ad incastro nelle opere già predisposte per riceverle.

## 8.11 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ

L'Appaltatore ha a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o viene prescritto di volta in volta in tempo utile dalla D.L., per la realizzazione di fori, cavità, incassature, sede di cavi, parti di impianti, etc.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte negli elaborati progettuali e dalla D.L., sono a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni e le ricostruzioni di opere di spettanza dell'Appaltatore stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte di fornitori.

## 9. CASSEFORME PER OPERE DI CALCESTRUZZO

Per l'esecuzione dei getti in cls. si devono costruire casseri con l'esatta forma e dimensione prevista dai disegni di progetto, atti a resistere al peso della struttura, agli urti, nonché alle vibrazioni prodotte durante la posa del cls. Ove necessario le cassetture debbono essere supportate da specifiche strutture di sostegno adatte ai volumi di cls da contenere e dalla quota in elevazione da raggiungere. La superficie dei casseri deve essere accuratamente pulita e, se necessario, trattata opportunamente per assicurare che la superficie esterna dei getti risulti regolare e perfettamente liscia.

Per le fasi e le tecniche di disarmo si rimanda, in ogni caso, alle Norme Tecniche cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 e alla UNI 9858. Dopo il disarmo l'Appaltatore, a sue spese, deve curare l'asportazione di tutte le sbavature, tagliare tutti i tiranti metallici a 3 cm sotto la superficie del getto ed effettuare i rappezzi necessari, secondo quanto confacente al caso, previa approvazione da parte della D.L. delle modalità esecutive e delle malte da utilizzare. In funzione dell'opera da realizzare, le cassetture possono essere realizzate con pannelli metallici, con pannellature di legno, e/o con l'impiego di tavole di abete dello spessore minimo di cm 2,5. Particolare cura è richiesta per la preparazione della cassaforma esterna di eventuali muri di retta, onde ottenere opere esteticamente apprezzabili.

Qualora previsto in progetto, o richiesto dalla D.L., la cassetture di talune strutture può essere realizzata in carpenteria metallica a perdere (con barre di armatura premontate) a cura dell'Appaltatore.

## 10. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

L'acciaio e la rete elettrosaldata devono corrispondere alle caratteristiche specificate dalle Norme Tecniche cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

Le dimensioni della maglia, il diametro del filo e la misura base dei pannelli della rete elettrosaldata sono stabiliti dal progetto costruttivo.

L'Appaltatore deve fornire i certificati di controllo, come prescritto dalla normativa succitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale e copia conforme all'originale ai sensi dell'Art. 14 della Legge n. 15 del 4/01/1968. La D.L. provvede, in cantiere, al prelievo dei vari spezzoni da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche, coerentemente a quanto disposto nel D.M. citato; detti spezzoni vengono inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'Appaltatore al quale spettano anche gli oneri relativi alle prove stesse.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera devono effettuarsi secondo le prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in c.a. L'armatura deve essere posta in opera nelle casseforme, secondo le posizioni assegnate dai disegni di progetto, facendo particolare attenzione che le parti esterne di detta armatura vengano rivestite del prescritto spessore di calcestruzzo (copriferro).

Si richiama l'attenzione sulla necessità di provvedere alla prefabbricazione e al premontaggio delle armature relative alle principali strutture in c.a.; si fa inoltre presente che la suddetta tecnica di premontaggio deve, ove possibile, essere applicata nel modo più generalizzato anche alle altre opere, previa approvazione da parte della D.L. dei sistemi di attuazione.

L'Appaltatore deve provvedere al reintegro delle connessioni, mediante saldatura elettrica, dei fili di orditura dei pannelli eventualmente dissaldatisi durante i trasporti o nella posa in opera. I pannelli di rete devono essere mantenuti distanti dalle murature, casseri, roccia od altro, a mezzo di appositi distanziatori e devono essere legati o saldati alle armature eventualmente esistenti.

## 11. TUBAZIONI PER CAVIDOTTI

Tutte le forniture di tubazioni e pezzi speciali in p.e.a.d. devono essere esclusivamente conformi alle prescrizioni di seguito riportate.

Le Aziende produttrici dei tubi e dei pezzi speciali dovranno essere munite di un Sistema Qualità conforme ai requisiti della Norma UNI EN ISO 9001/2008 (SQP/IIP).

Le normative di riferimento utilizzate per l'effettuazione delle prove sono le CEI EN 50086-2-4.



## 12. TUBI P.V.C. INSERITI IN OPERE DI CALCESTRUZZO

Devono essere impiegati tubi corrugati in PVC (tipo 300 - UNI EN 1329-1) con giunti saldati a mastice, nei vari diametri e con spessore standard, dotati di apposita certificazione sia sul tipo di materiale che sui metodi di impiego.

I suddetti tubi devono essere scelti con dimensione interna maggiore o uguale a quanto indicato sui disegni ed in accordo con la D.L..

I tubi devono essere forniti ed inseriti, prima dei getti, nelle opere di calcestruzzo semplice ed armato (cordoli, briglie, muri, etc.) in qualunque forma e dimensione, con le pendenze e le altre prescrizioni di progetto o definite in loco dalla D.L.; durante la posa in opera dei suddetti tubi, i raggi di curvatura devono rispettare le prescrizioni del costruttore e le modalità di posa dei cavi da contenere; detti raggi di curvatura, non devono comunque essere inferiori a 5 volte il diametro della tubazione stessa o secondo quanto specificato negli elaborati progettuali.

Per la loro giunzione, devono essere utilizzati esclusivamente i giunti previsti dalla ditta produttrice.

## 13. POZZETTI

È prevista la realizzazione di pozzetti in calcestruzzo per canalizzazioni elettriche e idrauliche, per ispezione di dispersori di terra, etc., secondo i disegni di progetto e le disposizioni impartite in loco dalla D.L.; la loro profondità è legata a quella delle relative canalizzazioni e, qualora ubicati in terreni agricoli, devono sporgere di circa 40 cm per impedire il transito su di essi di macchine agricole.

Può essere richiesto, oltre alla esecuzione del pozzetto e relativa copertura attrezzata, il solo completamento di pozzetti esistenti fino alla quota definitiva del piano campagna mediante rialzamento delle pareti ed installazione di chiusini, griglie, lastre di copertura, oppure la esecuzione parziale di pozzetti ed in questo caso si deve provvedere all'apposizione di chiusure provvisorie atte ad evitare danni ed infortuni.

### 13.1 POZZETTI REALIZZATI IN OPERA

Debbono essere costruiti in calcestruzzo con classe di resistenza minima  $R_{ck} 25 \text{ N/mm}^2$ , con pareti di spessore 15 o 20 cm, con fondo in calcestruzzo di tipo e spessore pari alle pareti o con fondo drenante costituito da cm 25÷30 di ciottoli di fiume o di cava, con armatura in Fe B 38 K nel cordolo portatelaio. Debbono avere dimensioni nette interne di cm 50 x 50, 70 x 70, 80 x 80, 100 x 100 con lunghezza variabile, secondo disegni di progetto. Lo spessore delle pareti e del fondo è previsto di 20 cm solo per pozzetti con dimensioni interne superiori a 80 x 80 cm.

### 13.2 POZZETTI PREFABBRICATI

Debbono essere forniti e posti in opera, secondo le indicazioni fornite dal D.L. se non espressamente riportate in progetto, chiusini e griglie in ghisa del tipo unificato e conforme alle normative vigenti. I chiusini debbono avere coperchio antisdrucchiabile con nervature portanti, piani di chiusura rettificati, telaio bullonato smontabile, ed essere adatti al carico di transito di 6 ton. per asse; debbono essere dati in opera, completi di verniciatura con due mani di vernice bituminosa nera. I chiusini debbono avere dimensioni tali da poter essere posti direttamente sulle pareti sia dei pozzetti aventi dimensioni interne di cm 50 x 50 sia di quelli aventi dimensioni interne di cm 70x70; per pozzetti con dimensioni interne superiori la posa dei chiusini richiede l'esecuzione di apposito cordolo in calcestruzzo armato solidale con le pareti. I chiusini in ghisa per pozzetti con dimensioni interne cm 70 x 70 possono pure essere richiesti nella versione ermetica tipo Lamperti.

Infine, possono essere richiesti chiusini prefabbricati in cemento armato vibrato (spessore minimo 10 cm) per pozzetti ubicati fuori delle aree di transito pesante (autocarri).

L' Appaltatore deve farsi approvare dalla D.L. il tipo e relativo peso di ciascun elemento in ghisa che intende porre in opera, pena la rimozione e la sostituzione dei manufatti. Nell'effettuare la posa in opera dei telai metallici si deve aver cura di collegare gli stessi al cordolo in c.a. dei pozzetti e di mantenerne la parte superiore allo stesso livello del piano finito della strada o del piazzale, come risulta dai particolari dei disegni di progetto.

## 14. CHIUSINI E GRIGLIE PER POZZETTI

Debbono essere forniti e posti in opera, secondo le indicazioni fornite dal D.L. se non espressamente riportate in progetto, chiusini e griglie in ghisa del tipo unificato e conforme alle normative vigenti. I chiusini debbono avere coperchio antisdrucchiolevole con nervature portanti, piani di chiusura rettificati, telaio bullonato smontabile, ed essere adatti al carico di transito di 6 ton. per asse; debbono essere dati in opera, completi di verniciatura con due mani di vernice bituminosa nera. I chiusini debbono avere dimensioni tali da poter essere posti direttamente sulle pareti sia dei pozzetti aventi dimensioni interne di cm 50 x 50 sia di quelli aventi dimensioni interne di cm 70x70; per pozzetti con dimensioni interne superiori la posa dei chiusini richiede l'esecuzione di apposito cordolo in calcestruzzo armato solidale con le pareti. I chiusini in ghisa per pozzetti con dimensioni interne cm 70 x 70 possono pure essere richiesti nella versione ermetica tipo Lamperti.

Infine, possono essere richiesti chiusini prefabbricati in cemento armato vibrato (spessore minimo 10 cm) per pozzetti ubicati fuori delle aree di transito pesante (autocarri).

L' Appaltatore deve farsi approvare dalla D.L. il tipo e relativo peso di ciascun elemento in ghisa che intende porre in opera, pena la rimozione e la sostituzione dei manufatti. Nell'effettuare la posa in opera dei telai metallici si deve aver cura di collegare gli stessi al cordolo in c.a. dei pozzetti e di mantenerne la parte superiore allo stesso livello del piano finito della strada o del piazzale, come risulta dai particolari dei disegni di progetto.

## 15. RECINZIONI, CANCELLI E DELIMITAZIONI

### 15.1 RECINZIONE TEMPORANEE DI DELIMITAZIONE

Va realizzata con le seguenti modalità:

- con rete in polietilene arancione, fissata con del filo metallico su pali in ferro o in legno infissi nel terreno;
- con pannelli autoportanti di rete metallica zincata, installati su plinti rettangolari in calcestruzzo, dotati di fori per il collegamento e il posizionamento dei moduli di recinzione.

Ove richiesto dalla Committente debbono essere realizzati dei cancelli in legno, rete metallica zincata, ad ante di larghezza 2÷3 m ed altezza uguale alla recinzione.

### 15.2 RECINZIONE DEFINITIVE DI DELIMITAZIONE

Viene realizzata mediante rete metallica con reti metalliche a fili orizzontali ondulati, formate da fili zincati disposti in senso verticale ed orizzontale saldati tra loro, e ricoperti da una guaina di plastica di colore verde.

La rete metallica verrà sostenuta mediante paletti metallici a "T" zincati a freddo e verniciati, aventi altezza 2,16 m distanziati 2,5 m, direttamente infissi nel terreno senza l'impiego di conglomerati cementizi.

Nella rete sono previste aperture per il passaggio di piccoli animali.

### 15.3 CANCELLI METALLICI

Per l'accesso entro aree delimitate da recinzioni di tipo definitivo devono essere posizionati dei cancelli realizzati in profilati di acciaio - assiemati per elettrosaldatura - verniciato e rete plastificata. Ogni cancello è costituito da due ante a bandiera di altezza 2 m e di larghezza da 3 a 4 m ad anta, completo di paletto di fermo centrale e chiusura a lucchetto.

In alternativa alla tipologia sopra descritta, ove richiesto dalla D.L., i cancelli possono essere realizzati in profilati scatolari di acciaio, assemblati per elettrosaldatura e successivamente zincati a caldo, con tamponamento delle ante in pannelli grigliati elettrofusi di acciaio zincato (a maglia quadrata di 60 x 60 mm ca costituita da piatti verticali di 25 x 3 mm collegati orizzontalmente da tondi del diametro 5 mm) solidarizzati al telaio mediante bulloneria inamovibile.

In ogni caso le cerniere debbono essere in acciaio inox e vanno opportunamente applicate ai pilastri di sostegno (in c.a. o in acciaio).

## 16. TRASPORTO E COLLOCAZIONE DEI MATERIALI DI RISULTA A DISCARICA

Potrà essere necessario trasportare in discarica identificata dall'Appaltatore parte dei materiali di risulta prodotti dal cantiere.

Si ribadisce che nella scelta delle aree di discarica, l'Appaltatore deve impegnarsi a dare priorità a quelle individuate o già predisposte allo scopo dall'Amministrazione Comunale, a parità di prezzo contrattuale.

## 17. EDIFICI

Come descritto nella relazione di progetto, saranno previsti le seguenti tipologie di edificio a servizio dell'impianto:

- Cabine di Conversione CC/CA (Power Stations);
- Cabine servizi ausiliarie;
- Cabine batterie BESS e quadri DC-DC;
- Magazzino e Sala controllo;
- Edificio Tecnico della cabina utente.

Le realizzazioni impiantistiche civili per ognuno di questi edifici comprendono in genere l'impianto luce e f.m., l'impianto antintrusione, l'impianto di condizionamento (riscaldamento e ventilazione), l'impianto telefonia/dati.



Figura 17-1: Rappresentazione dei principali componenti elettrici dell'Impianto

Questi edifici saranno prefabbricati in container e le fondazioni saranno in calcestruzzo armato.

### 17.1 CABINE DI CONVERSIONE CC/CA (POWER STATIONS)

Ogni gruppo di conversione sarà composto da un inverter e un trasformatore BT/MT. Gli inverter avranno il compito di trasformare la corrente continua generata dai moduli fotovoltaici, o immessa dalle batterie, in corrente alternata. I trasformatori, invece, innalzeranno la tensione a 36 kV. Le power station verranno condivise tra l'impianto fotovoltaico e il sistema di accumulo, ottimizzando l'integrazione e l'efficienza complessiva dei due sistemi.

- Gli inverter saranno equipaggiati con dispositivi idonei per il sezionamento e la protezione del lato in corrente alternata, alloggiati all'interno di un'apposita sezione dei quadri inverter. Ogni inverter



sarà marcato CE, garantendo conformità sui rendimenti e la compatibilità elettromagnetica, e la potenza nominale potrà variare in fase esecutiva a seconda della tecnologia prescelta, in linea con le caratteristiche dell'impianto fotovoltaico e dello SdA e i limiti di potenza del punto di connessione alla rete;

- Il trasformatore è previsto sia in versione a secco che isolata in olio. In quest'ultimo caso, sarà installata una vasca di raccolta dell'olio in acciaio inox, opportunamente dimensionata, capace di contenere l'intero volume d'olio;
- Il trasformatore sarà corredato da dispositivi di protezione elettromeccanica, come sensori di temperatura e relè Buchholtz, per garantire un funzionamento sicuro ed efficiente;
- Il compartimento di media tensione (MT) ospiterà il quadro MT, composto da 2 o 3 scomparti, a seconda che sia previsto un entra-esce verso un'altra Power Station. Le celle MT includeranno i componenti per l'arrivo, la partenza e il trasformatore;
- Nel compartimento di bassa tensione (BT) saranno installate varie apparecchiature, tra cui il quadro BT per le alimentazioni ausiliarie (forza motrice, illuminazione, ausiliari dei quadri, ecc.), il pannello contatori per la misura dell'energia attiva prodotta a valle della sezione inverter, l'UPS per l'alimentazione ausiliaria degli inverter e delle apparecchiature di monitoraggio, oltre a un trasformatore isolato in resina per i servizi ausiliari.

I componenti del gruppo di conversione saranno scelti in base a:

- Conformità alle normative europee di sicurezza;
- Funzionamento automatico per facilità d'uso e installazione;
- Elevato rendimento globale;
- Massima sicurezza con trasformatore di isolamento;
- Uscita con forma d'onda sinusoidale perfetta.

Le Power Station, con una potenza nominale massima di 4.400 kVA, selezionate in questa fase preliminare di progettazione, sono costituite da container con pannelli laterali apribili e/o tettoie integrate per ottimizzare la ventilazione naturale. Questa configurazione è stata scelta per garantire compattezza, flessibilità ed efficienza, risultando perfettamente allineata alle esigenze del sito di installazione e alla configurazione dell'impianto. La potenza effettiva degli inverter sarà determinata nella fase esecutiva, in funzione della strategia di mercato adottata. Di seguito si riportano le caratteristiche preliminari del modello di potenza massima scelto.

**Tabella 17-1: Caratteristiche preliminari power station**

Power Station	
Tensione massima in ingresso	1500 V
Tensione di uscita alla $P_{nom}$	36 kV (uscita trasformatore)
Frequenza di uscita	50 Hz

cos $\varphi$	0,8 – 1,0
Grado di protezione	IP 54
Range di temperatura di funzionamento	-25 ÷ +60 °C
Potenza max in uscita @cos $\varphi$ =1 @ T=25°C (CA)	4400 kVA
Rendimento europeo	98,8%

Ogni sottocampo di generazione avrà un gruppo di conversione CC/CA, per un totale di 7 gruppi.

La tipologia specifica del gruppo di conversione verrà definita in fase di progettazione, scegliendo tra vari modelli di inverter e trasformatori. Tali componenti saranno scelti e dimensionati in modo da soddisfare i requisiti di scambio di potenza reattiva, in conformità alle richieste del Codice di Rete, garantendo il rispetto delle normative vigenti e il supporto alla stabilità operativa della rete elettrica.

Le viste e le sezioni della power station sono illustrate nella TAV02\_25d dove si riporta l'elevazione rispetto al piano campagna, determinata in funzione di studi idraulici e in relazione alla quota delle strade circostanti l'area di installazione.

## 17.2 CABINE SERVIZI AUSILIARI

Vicino a ogni gruppo di conversione saranno installate cabine o container per servizi ausiliari, contenenti:

- Quadro BT generale del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT alimentazione tracker del sottocampo corrispondente;
- Quadro BT prese F.M, illuminazione, antintrusione, TVCC ecc. del sottocampo corrispondente;
- Sistema di monitoraggio, controllo e comando tracker del sottocampo di appartenenza;
- Sistema di monitoraggio e controllo dell'Impianto Fotovoltaico e del BESS di appartenenza;
- Sistema di monitoraggio e controllo stazioni meteo del sottocampo di appartenenza;
- Sistema di trasmissione dati del sottocampo di appartenenza.

Le viste e sezioni delle cabine ausiliari sono illustrate nella TAV02\_25e, con l'elevazione calcolata in base a studi idraulici e in relazione alle quote stradali circostanti l'area d'installazione.

## 17.3 CABINE BATTERIE BESS E QUADRI DC-DC

La capacità del SdA è stata determinata in base ai requisiti necessari per assicurare la massima flessibilità nella partecipazione ai diversi servizi e applicazioni di rete, mentre la potenza del sistema è stata definita rispetto alla potenza dell'impianto fotovoltaico, tenendo conto dei requisiti del codice di rete.

Sebbene la tipologia specifica non possa essere definita a priori, data la rapida evoluzione e dinamicità delle tecnologie sul mercato, le batterie elettrochimiche saranno sicuramente del tipo a Ioni di Litio. La selezione avverrà in funzione della strategia di mercato adottata, ottimizzando la densità energetica per minimizzare

l'occupazione del suolo e tenendo conto di fattori come il numero di cicli di vita, la curva di degrado e il tempo di risposta.

Il sistema di accumulo elettrochimico sarà composto principalmente da container conformi agli standard ISO 20, progettati per ospitare le celle delle batterie. In termini di tecnologia, si prevede l'uso di batterie al litio, - configurati in stringhe di batterie, note come battery racks, composte da diversi moduli, con celle disposte in serie e parallelo.

Dal punto di vista della sicurezza, i container presentano una resistenza al fuoco minima di REI 60 e sono progettati per contenere eventuali fughe di gas o perdite di elettroliti in caso di guasti. I locali batterie potranno essere climatizzati mediante un sistema di raffreddamento a liquido, oppure mediante sistemi con condizionatori elettrici "HVAC" opportunamente ridondanti.

La progettazione dei container consente il trasporto e la posa in opera come un'unità unica direttamente sulla fondazione, con tutte le apparecchiature già installate a bordo. Solo le batterie, se necessario, saranno trasportate separatamente e installate in loco. I container sono dotati di adeguate segregazioni per le vie cavi, isolamento termico e separazione degli ambienti, garantendo spazi adeguati alla manutenzione e l'accessibilità dall'esterno.

La tabella e la figura di sotto riportano a titolo esemplificativo le caratteristiche principali e la configurazione dei container batterie.

**Tabella 17-2: Caratteristiche tecniche preliminari del container batterie**

Container Batterie	
Tensione in ingresso DC nom / max	1,040 – 1,497.6 V
Capacità	3.500 kWh
Dimensioni Container	6,058 x 2,438 x 2,896 mm
Peso Container	≤ 34,000 kg
Grado di protezione	IP 54/IP 55
Range di temperatura di funzionamento	-30°C / +50°C
Sistema estinzione	Sistema multi-strato, attivo, con protezione antincendio, conforme a NFPA 855
Standard	IEC 62619, IEC 62477, IEC 63056, UL 1973, UL 9540A, NFPA 855, UN 38.3



*Figura 17-2: Tipico container batterie*

Il sistema è stato leggermente sovradimensionato per tenere conto delle caratteristiche intrinseche della tecnologia agli ioni di litio, come l'efficienza e l'energia effettivamente estraibile.

Le viste e le sezioni dei container batterie sono illustrate nella TAV02\_25c dove è mostrata l'elevazione rispetto al piano campagna, determinata in funzione di studi idraulici e in relazione alla quota delle strade circostanti l'area di installazione.

### **17.3.1 DC/DC CONVERTER**

Il sistema di conversione DC-DC sarà utilizzato per gestire il flusso energetico tra il sistema di accumulo e il parco fotovoltaico, ottimizzando l'efficienza e permettendo di immettere l'energia accumulata nella rete nei momenti più vantaggiosi. Il convertitore regola dinamicamente la tensione, elevandola o abbassandola a seconda delle necessità di carica e scarica della batteria.

I DC/DC converter saranno installati affianco ai container delle batterie e delle power station. Il sistema sarà caratterizzato da una regolazione intelligente del flusso energetico, che contribuirà a mantenere un alto livello di efficienza anche in presenza di diverse tensioni DC e in condizioni di carico parziale e totale.

Il modello definitivo del sistema verrà definito nella fase esecutiva del progetto.



Figura 17-3: Tipico DC/DC Converter

Le viste e le sezioni sono illustrate nella TAV02\_25c dove è mostrata l'elevazione rispetto al piano campagna, determinata in funzione di studi idraulici e in relazione alla quota delle strade circostanti l'area di installazione.

## 17.4 MAGAZZINO E SALA DI CONTROLLO

Prossimo all'accesso nord di Via Vanume, sarà installata una cabina di dimensioni 12,2 x 2,5 m e altezza di 3 m, destinata ad ospitare due sezioni componenti: sala controllo e magazzino.

### 17.4.1 SALA CONTROLLO

Sarà installata una postazione locale per il monitoraggio di tutti i parametri provenienti dall'impianto fotovoltaico, dal sistema di accumulo (SdA), e dalla parte agricola (in linea con il sistema di smart farming definito, che implementerà a titolo esemplificativo delle stazioni meteorologiche per la misura della temperatura, umidità, velocità del vento, precipitazioni) e dal sistema di antintrusione/TVCC.

I dispositivi di misura saranno installati direttamente in campo, nelle stazioni meteorologiche (costituite da termometri, barometri, piranometri/albedometri e anemometri), nelle string box o nelle cabine, e saranno utilizzati per misurare le seguenti grandezze:

- Irraggiamento solare;
- Temperatura ambiente;

- Temperatura dei moduli;
- Tensione e corrente in uscita dall'unità di generazione;
- Potenza attiva e corrente in uscita dall'unità di conversione;
- Tensione, potenza attiva ed energia scambiata al punto di consegna;
- Stato degli interruttori generali MT e BT.

Per quanto riguarda la gestione e la protezione delle batterie, sarà affidata direttamente al BMS (Battery Management System), che svolgerà le seguenti funzioni:

- Gestione dello stato di carica;
- Bilanciamento delle celle;
- Monitoraggio e protezione, con eventuale azione di disconnessione o connessione delle batterie;
- Gestione dei segnali di allarme e anomalie;
- Controllo dell'isolamento;
- Misurazione di grandezze quali tensioni, temperature e correnti di dispersione;
- Comunicazione a livello superiore di tutti i segnali (stato, allarmi, anomalie, ecc.) necessari per la gestione ottimale del sistema di accumulo.

Inoltre, per garantire un controllo completo ed efficiente dell'impianto, è prevista l'installazione di un Power Plant Manager. Grazie a una piattaforma software avanzata, questo sistema ottimizzerà il funzionamento dell'impianto fotovoltaico e del BESS, monitorando in tempo reale la produzione di energia e garantendo l'allineamento con i requisiti di rete. Il Power Plant Manager favorirà anche la digitalizzazione degli impianti, abilitando nuove opportunità per partecipare al mercato energetico del futuro. Di seguito sono riportate alcune delle principali funzionalità di questo sistema.

- Reti Stabili e Commercializzazione Ottimale dell'Energia: garantirà un'operazione stabile delle reti elettriche, ottimizzando la gestione e la vendita dell'energia prodotta;
- Fornitura di Potenza di Regolazione Primaria e Secondaria: sarà in grado di fornire potenza di regolazione primaria e secondaria nel punto di connessione alla rete attraverso il sistema di batterie, contribuendo alla stabilità della rete;
- Riduzione Automatica della Potenza Attiva: sarà in grado di regolare automaticamente la potenza attiva in caso di sovrافrequenza, rispettando le specifiche del codice di rete;
- Aggiustamenti in Base alle Necessità: Adatterà i valori di setpoint in base alle esigenze, come quelli richiesti dall'operatore di rete per la potenza reattiva o il fattore di fase;
- Potenza Reattiva Costante: sarà in grado di garantire la disponibilità continua di potenza reattiva o di un fattore di fase su richiesta, contribuendo alla stabilità della rete;
- Regolazione Dinamica: regolerà dinamicamente i valori specificati per la potenza reattiva o il fattore di fase nel punto di connessione alla rete, ottimizzando la performance del sistema.



## 17.4.2 MAGAZZINO

È stato previsto di lasciare spazio, destinato allo stoccaggio di materiali di consumo necessari per il funzionamento e la manutenzione dell'Impianto.

## 17.5 EDIFICIO TECNICO DELLA CABINA UTENTE

Nella parte nord-ovest dell'impianto, all'interno dell'area recintata, verrà installata la Cabina Utente che occuperà una superficie di circa 120m<sup>2</sup>, composta principalmente da una sala quadri 36 kV (con uno spazio separato dedicato al trasformatore ausiliario), e da una sala che alloggerà i quadri BT, la sala controllo e i quadri misure. Tutte i componenti elettrici saranno conformi alle Norme CEI applicabili e al Codice di Rete di Terna.

Un gruppo elettrogeno di emergenza sarà collocato in una zona coperta di circa 15 m<sup>2</sup> adiacente all'Edificio Utente e garantirà l'alimentazione dei servizi essenziali in caso di interruzione di tensione sul quadro BT.

Le utenze critiche, come i sistemi di protezione e controllo e i circuiti di comando degli interruttori, saranno alimentate da un sistema di alimentazione ininterrotta (UPS) a 110 V in corrente continua o corrente alternata. Questo sistema sarà dotato di batterie tampone, con un'autonomia operativa stimata di 4 ore.

L'edificio sarà costruito in muratura, utilizzando materiali non combustibili, in conformità con la norma CEI EN 61936-1. La pianta dell'edificio sarà di forma rettangolare, con dimensioni esterne pari a 18 m x 5,75 m. Sarà ad un solo piano, con un tetto piano e un'altezza massima di 4,6 m, misurata fino all'estradosso del coronamento. L'altezza interna dei locali sarà di 4,00 m, a partire dalla quota calpestabile a +0,20 m.

La pianta e i vari prospetti dell'edificio sono illustrati nella TAV02\_25o "Tipico Cabina Utente". Non è previsto un accesso diretto al tetto dell'edificio, ma verranno installati sistemi di sicurezza come linee vita e/o dispositivi di ancoraggio per consentire le attività di manutenzione del tetto, eseguite da personale specializzato.

La Cabina sarà rialzata di 1,5 metri rispetto al piano campagna, in conformità alle indicazioni del Consorzio di Tav02\_27 "Rilievo plano altimetrico".

### 17.5.1 SALA AT - QUADRO ELETTRICO 36 KV

Al quadro elettrico a 36 kV confluiranno le 2 Dorsali 36 kV provenienti dall'Impianto e partirà la Linea 36 kV verso la SE RTN "Portomaggiore". Sarà installato in un locale dedicato, all'interno dell'Edificio Utente e sarà dotato di relè di protezione e strumenti di misura. Sarà composta principalmente dalle seguenti apparecchiature:

N. 2 unità per l'arrivo delle Dorsali 36 kV dalle stazioni di trasformazione in campo, equipaggiate con interruttori;

N. 1 unità per la Linea 36 kV verso la Stazione RTN, dotata di interruttore;

N. 1 unità per il trasformatore ausiliario, con interruttore o sezionatore sotto carico e fusibili;

N. 1 cella per misure;

N. 1 cella di riserva.

Inoltre, sarà prevista un'interfaccia con il sistema di controllo remoto della Cabina Utente.

Le caratteristiche tecniche del quadro elettrico sono riportate nella seguente tabella.

**Tabella 17-3: Caratteristiche quadro elettrico 36 kV**

Quadro Elettrico 36 kV	
Tensione operativa/nominale	36 / 40.5 kV
Tensione nominale di tenuta ad impulso atmosferico	185 kV
Tensione nominale di tenuta a 50 Hz (1min)	85 kV
Corrente nominale	1250 A
Corrente di breve durata (3s)	≥ 25 kA
Corrente di picco	≥ 63 kA
Corrente capacitiva interrompibile	≥ 50 A
Isolamento	SF6
Classificazione d'arco interno	IAC AFLR 31,5 kA – 1s
Categoria di perdita di continuità di servizio	LSC2

### 17.5.2 SALA BT – QUADRI BT, SALA CONTROLLO E QUADRI MISURE

La misurazione dell'energia attiva e reattiva verrà effettuata tramite un contatore bidirezionale per misure fiscali, installato nell'edificio della Cabina Utente, collegato a trasformatori di misura dedicati. Il sistema di misura sarà conforme alle prescrizioni del Codice di Rete, permettendo la raccolta dei dati energetici su base quart'oraria e consentendo l'interrogazione e la configurazione da remoto, anche da parte del gestore della rete, come richiesto dal Codice di Rete.

I servizi ausiliari della Cabina Utente saranno alimentati attraverso un quadro elettrico BT situato in una sala dell'Edificio Utente, a sua volta alimentato dal trasformatore ausiliario collegato al quadro 36 kV.

Il trasformatore ausiliario, a secco sarà dotato di involucro di protezione e sarà dimensionato per alimentare i servizi ausiliari della Cabina Utente. Le sue caratteristiche preliminari sono riportate nella seguente tabella:

**Tabella 17-4: Caratteristiche preliminari del trasformatore ausiliario**

Trasformatore Ausiliario	
Potenza nominale	30 kVA
Tipo di raffreddamento	AN
Tensione nominale	36/0,42 kV
Tensione massima	40,5/1 kV
Classe ambientale e climatica	E1 – C1
Classe di comportamento al fuoco	F1

## 18. PRESCRIZIONI TECNICHE

I lavori saranno eseguiti secondo le norme tecniche e la migliore regola d'arte, adottando quei particolari accorgimenti costruttivi di dettaglio che, anche se non descritti o menzionati, si dovessero dimostrare necessari per rendere funzionale ogni singolo elemento e l'opera nel suo complesso.

### 18.1 TEST E CERTIFICATI DI CONTROLLO QUALITÀ

Sono a carico dell'Appaltatore le prove sui materiali e sulle opere come da Normativa Italiana vigente.

L'Appaltatore ha l'obbligo di consegnare alla Committente la documentazione e/o certificati delle prove, analisi e/o controlli, fornite dalle ditte approvvigionatrici.

Tale documentazione e/o certificati devono essere accompagnati da una dichiarazione scritta di conformità a quanto prescritto nella documentazione di progetto.

In particolare, per gli impianti elettrici l'Appaltatore deve adempiere alle formalità richieste dalle leggi vigenti.

#### 18.1.1 CERTIFICATI DEI MATERIALI

L'Appaltatore deve fornire alla Committente i certificati per garantire che la qualità dei materiali sia come richiesto dalle specifiche/disegni ed in accordo alla normativa italiana vigente, compresa la marcatura CE/dichiarazione di conformità per ogni prodotto/materiale. In particolare sono richiesti i certificati:

- dei materiali provenienti da cava ed utilizzati per i rinterri (terre, misto granulare);
- del mix design del calcestruzzo in accordo alla classe di esposizione prevista ed alle prescrizioni sui disegni qualora più restrittive;
- dell'acciaio d'armatura;
- dell'acciaio di profilati, piastre, tirafondi ed inserti in genere;
- di qualunque altro materiale utilizzato (connettori, malte,...);
- delle caratteristiche di resistenza al fuoco dei materiali installati;
- delle prestazioni termo-acustiche per porte, pareti e serramenti.

In aggiunta l'Appaltatore deve fornire i certificati di tutti i componenti elettrici, o per impiego elettrico, forniti ed installati, quali ad esempio le tubazioni e gli accessori per le installazioni elettriche. In particolare, deve produrre un documento che riporti l'elenco dei materiali utilizzati per la realizzazione dell'impianto di terra completo di tutte le certificazioni relative.

#### 18.1.2 CERTIFICATI DELLE PROVE

L'Appaltatore deve fornire alla Committente i certificati delle prove eseguite in sito e in laboratorio, come richiesto dalle specifiche e dai disegni, e in accordo alla normativa italiana vigente, in particolare:

- delle prove su piastra (quando richiesti);
- delle prove di densità in sito;

- di rottura dei cubetti di calcestruzzo;
- di tenuta idraulica per le tubazioni di scarico delle linee civili;
- di qualunque altra prova richiesta dalla legge e dalla Committente.