

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
Assessorato della Difesa dell'Ambiente

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI  
URBANI E VALORIZZAZIONE RACCOLTE  
DIFFERENZIATE A SERVIZIO DELL'AMBITO  
TERRITORIALE OTTIMALE DELLA  
PROVINCIA DI ORISTANO  
TERZO LOTTO FUNZIONALE - TERZO STRALCIO**

**REALIZZAZIONE DELLE AREE DI STOCCAGGIO E DEGLI EDIFICI  
DESTINATI ALLA RAFFINAZIONE E CONFEZIONAMENTO DEL  
COMPOST MATURO**

**1° SUB STRALCIO FUNZIONALE:  
REALIZZAZIONE DELLE AREE E DEGLI EDIFICI**

PROGETTO ESECUTIVO

**STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO**

ELABORATO:

DEPOSITO/CONFEZIONAMENTO  
**RELAZIONE DI CALCOLO  
STRUTTURE IN C.A.**

ALLEGATO:

**A3.1**

Data:

CUP: E53D05000380002

CIG: 7648734EF5

IL PRESIDENTE  
*(Rag. Massimiliano Daga)*

IL DIRETTORE  
*(Dott. Marcello Siddu)*

IL PROGETTISTA  
*(Ing. Agostino Pruneddu)*

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
*(Ing. Salvatore Daga)*

rev.	data	descrizione	redato	verificato	approvato

Codice Elaborato

**P I T A 0 1 P E 0 4 A 0 0 4 R 0 0**

Lavoro

Fase

Sub Fase

Tipo

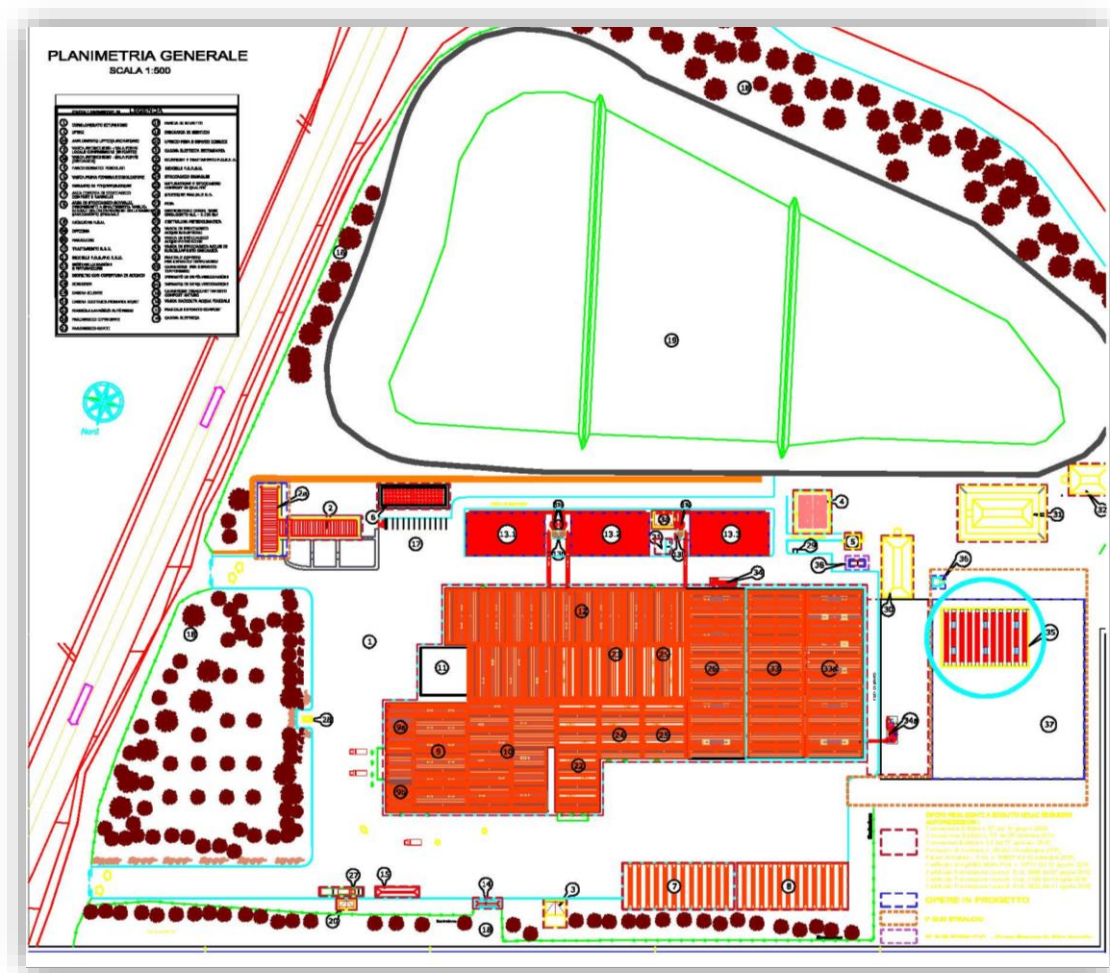
Elaborato

Revisione

Lavoro:	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>	
Elaborato:	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

## OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO

Il presente elaborato è relativo alla realizzazione di un ulteriore Fabbricato nell'ambito del Progetto più Generale denominato "IMPIANTO DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO", Impianto che si inquadra nel Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti, ubicato nel Comune di Arborea (OR). L'impianto è rappresentato nello schema planimetrico seguente.



<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio – 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo</p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

<b>OGGETTO E CONTENUTO DEL PRESENTE ELABORATO .....</b>	<b>1</b>
<b>PREMESSE GENERALI .....</b>	<b>2</b>
<b>1      RELAZIONE DESCRITTIVA DEL COMPLESSO DELLE OPERE .....</b>	<b>3</b>
1.1      Descrizione delle opere .....	3
1.2      Classificazione delle opere.....	8
<b>2      PREMESSE RELATIVE AL CALCOLO DELLE STRUTTURE .....</b>	<b>9</b>
2.1      CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DELLE STRUTTURE .....	9
2.2      Caratteristiche dei materiali strutturali.....	9
2.3      Azioni di calcolo sulle opere.....	11
<b>3      PREMESSE RELATIVE AL CALCOLO DELLE FONDAZIONI.....</b>	<b>22</b>
3.1      Inquadramento del sito.....	22
3.2      Caratteristiche del terreno .....	22
3.3      Caratteristiche delle fondazioni .....	22
3.4      Azioni di calcolo sulle fondazioni .....	23
3.5      Analisi delle fondazioni .....	27
3.6      Relazione di Calcolo delle Strutture .....	31
3.7      Fondazioni delle strutture prefabbricate – plinti a bicchiere.....	31
3.8      VERIFICHE PLINTO DI FONDAZIONE.....	33
3.9      TRAVI PORTA-PANNELLI .....	39

## **PREMESSE GENERALI**

Lavoro:	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo		
Elaborato:	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone		

Quanto riportato di seguito è da intendersi valido per tutte le opere oggetto del presente elaborato, salvo successiva diversa specifica.

## 1 RELAZIONE DESCRITTIVA DEL COMPLESSO DELLE OPERE

### 1.1 Descrizione delle opere

#### 1.1.1 Caratteristiche generali delle opere

Si riepilogano i contenuti della relazione tecnica di coordinamento, limitatamente agli aspetti rilevanti per il calcolo delle strutture.

Il Fabbricato oggetto della presente Relazione di calcolo costituisce un ulteriore ampliamento dell'Impianto di Trattamento dei Rifiuti Solidi Urbani e Valorizzazione della Raccolta Differenziata a servizio dell'Ambito Territoriale Ottimale della Provincia di Oristano, Impianto che si inquadra nel Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti.

L'ubicazione dell'Impianto è in Comune di Arborea, in località "Masangionis", posta ad una distanza di circa 6 Km dall'abitato di Arborea e dista circa 5 km dall'abitato di Marrubiu e circa 2 km dalla frazione di S.Anna.

L'impianto si sviluppa su una superficie complessiva di circa 16,7 ha. Di tale superficie poco meno di 8,0 ettari sono occupati da una serie di capannoni di tipo industriale, dalla viabilità di accesso e perimetrale, dalla palazzina uffici, dalle tettoie di stoccaggio del compost maturo e delle balle di frazione combustibile, dai piazzali e dalle aree destinate a verde. La rimanente parte è occupata dal deposito di stoccaggio definitivo dei residui di lavorazione non recuperabili o riciclabili (la così detta discarica di servizio dell'impianto) e dalle relative aree di rispetto destinate a verde. Anche l'area della discarica di servizio, una volta conclusa la coltivazione, verrà piantumata con essenze arboree similmente alle aree circostanti.

La realizzazione dell'Impianto di Trattamento RSU è stata frazionata in diversi Lotti Funzionali a loro volta eseguiti in "Stralci"

La presente Relazione riguarda il dimensionamento e la verifica delle opere strutturali previste nel **Terzo Lotto 3° Stralcio - 1° Sub Stralcio** che, tra le altre, prevede la **Realizzazione di un Capannone con strutture in elevazione prefabbricate in c.a. e fondazioni in pera in c.a.**

Il **Capannone** previsto in Progetto, ha un ingombro massimo in Pianta pari a 27,66m x 41,02m per una superficie pari a circa 1.150 mq.

Il fabbricato è così costituito dai seguenti elementi costruttivi:

- Fondazioni con **plinti a bicchiere** di dimensioni e numero così come indicato negli appositi elaborati grafici allegati, realizzati in opera in conglomerato cementizio armato. Il dimensionamento dei plinti di progetto è stato fatto considerando le sollecitazioni derivanti dalle azioni agenti su una struttura prefabbricata di un produttore tipo analoga per giunta a quella già realizzata con l'Intervento Terzo Lotto Primo Stralcio;
- Travi porta pannello lungo tutto il perimetro del fabbricato con sezione a "T" rovescia;
- Struttura portante verticale costituita da Pilastri Prefabbricati in CAV, con resistenza caratteristica minima par a R'ck 40, avente resistenza al fuoco R180, sezione minima

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO  3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO  Progetto Esecutivo</p>		
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone		

50x50 e comunque come derivante dalla relazione di calcolo della Ditta produttrice, completo di appoggi per le travi, laterali e centrali, completi di tubo, per la raccolta delle acque meteoriche, realizzato in PVC DN 140 (come da norme ISO e UNI 7443-85 tipo 300) annegati nel getto, relativi raccordi ai canali di raccolta esistenti sulle travi, tutto secondo i disegni esecutivi di progetto, comprese le scatole metalliche di posizionamento sui bicchieri delle fondazioni;

- Struttura portante orizzontale costituita da travi in CAP tipo laterale, aventi resistenza al fuoco R180, atte al sostegno della copertura, armate con idonea armatura di precompressione ed armatura integrativa in barre ad aderenza migliorata B450C;
- Sistema di copertura coibentato, realizzato con "Tegoli" prefabbricati precompressi in calcestruzzo avente resistenza caratteristica minima pari a R'cK 40, REI 180, e coppelle opache o del tipo "traslucido" nella proporzione indicata negli elaborati grafici allegati. I "Tegoli" dovranno essere calcolati dal produttore della struttura prefabbricata per lunghezze misurate in asse pilastri fino a 27.00 m, atti a sostenere il peso proprio, il peso dei carichi accidentali, il peso dei pannelli intercalari di copertura gravati dal peso di pannelli fotovoltaici di futura installazione. I "Tegoli" sono previsti con una impermeabilizzazione costituita da una Membrana in bitume polimero elastoplastomerica con armatura in "non tessuto" di poliestere da filo continuo, stabilizzato con fibre di vetro dello spessore minimo di mm 4, e la coibentazione, costituita da Lastre isolanti in polistirene espanso estruso monostrato tipo "FLOORMATE 500" dello spessore pari a 50 mm, preaccoppiate con una membrana bituminosa dello spessore non inferiore a 3 mm, prodotte da azienda certificata con sistema di qualità ISO 9002 aventi una trasmittanza massima, certificata secondo la Norma Armonizzata per il Polistirene Espanso Estruso EN13164 pari a 1,45 m2K/W. La struttura delle coppelle intercalari cieche sarà del tipo sandwich a doppio rivestimento metallico coibentato in lana minerale, al fine di garantire una resistenza al fuoco pari almeno a REI 30, o in altro materiale isolante ma che garantisca l'idoneità per l'installazione di Pannelli Fotovoltaici (Broof t2) in conformità alle Linee Guida del Ministero dell'Interno – Dipartimento dei Vigili del Fuoco. Le strutture delle coppelle intercalari traslucide dovranno essere costituite da una resina a base di policarbonato (resina termoplastica) protette sulla parte superiore contro i raggi U.V. tramite un procedimento per coestrusione, in grado di garantire alle stesse un'ottima stabilità della trasmissione luminosa. La Copertura sarà dotata di appositi punti di aggancio e linea vita per le operazioni di manutenzione.
- Tamponamento perimetrale realizzato con elementi monolitici verticali in CAV dello spessore di 26 cm, coibentati con pannello incapsulato di polistirene estruso od altro materiale equivalente, profilo di incastro atto a garantire la perfetta tenuta con inserite guarnizioni in compriband, finitura esterna in ghiaietto lavato, completi in sommità di apposita scossalina in lamiera zincata, spessore 8/10, sviluppo variabile, elemento a capuccio con colorazione che verrà scelta in corso d'opera, grembialina metallica di raccordo alla copertura.

## 1.1.2 Caratteristiche strutturali delle opere oggetto di calcolo

### 1.1.2.1 Fondazioni delle strutture prefabbricate

Le fondazioni delle strutture prefabbricate sono tutte in c.a. gettato in opera e sono costituite

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>		
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone		

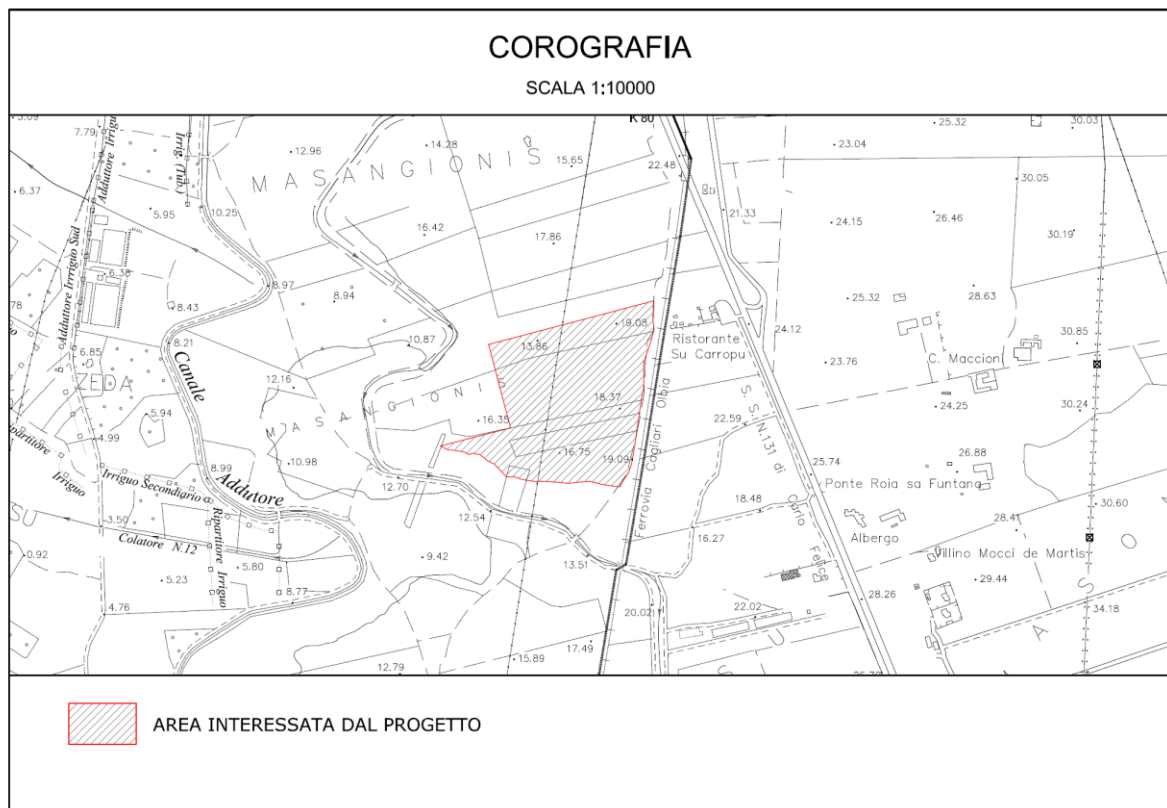
da plinti a bicchiere, collegati dalle travi porta-pannelli in c.a. gettato in opera, sulle quali vengono appoggiati i pannelli prefabbricati di tamponamento esterni.

### 1.1.3 Caratteristiche del sito

#### 1.1.3.1 Inquadramento geografico, descrizione del costruito circostante e utilizzo delle aree non edificate

L'area su cui insistono le opere in progetto è individuata catastalmente al Foglio n. 11 del Comune di Arborea – sezione di Marrubiu, mappali 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 78, 79, 82, 83, 86, 127 (parte), 128, 129, 130 (parte), 131, 132, 133 (parte), 134, 135, 136, 137, 200 (parte), 203 (parte), 206 (parte), 145 (parte) 171 e 176 (parte), tutti catastalmente destinati a seminativo.

Si precisa inoltre che l'area ricade nei fogli 216 e 217 (Capo S. Marco - Oristano) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nella tavoletta I.G.M Foglio n° 538 Sez.I NE (Marrubiu) in scala 1:25000.





<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO  3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio – 1° SUB STRALCIO  Progetto Esecutivo</p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Come si rileva anche dalle planimetrie e dalla foto aerea, la zona di intervento ricade in zona agricola e dista, come precisato in precedenza, non meno di 2 km dal centro abitato più vicino.

### 1.1.3.2 Caratteristiche morfologiche, geologiche e idrologiche

Per le Caratteristiche morfologiche, geologiche idrologiche, geotecniche si rimanda alla Relazione Geotecnica allegata. (Allegato A2)

### 1.1.4 Norme di riferimento

#### Norme vigenti

- Legge 5 novembre 1971 n° 1086 *Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale, precompresso ed a struttura metallica*
- Legge 2 febbraio 1974, n° 64 *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*
- D.P.R. 6 giugno 2001 n° 380 *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia* (in particolare: *Parte II – Normativa tecnica per l'edilizia*)
- NTC2008 – Decreto 14 gennaio 2008 Ministero delle Infrastrutture *Norme tecniche per le costruzioni*
- CE 2009 – Circolare Ministero delle Infrastrutture 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*

#### Riferimenti bibliografici normativi

Si elencano di seguito alcuni riferimenti normativi cui potrà essere fatto riferimento per i casi in cui le norme *cogenti* – ovvero quelle applicate in via transitoria – non fornissero indicazioni.

#### Riferimenti per l'edilizia in zona sismica

- EC8 – UNI EN 1998 *EuroCodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture*

#### Riferimenti per le strutture in calcestruzzo

- EC 2 – UNI EN 1992 *EuroCodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo*

#### Riferimenti per le strutture in acciaio

- EC 3 – UNI EN 1993 *EuroCodice 3 Progettazione delle strutture in acciaio*



<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</i> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

### Riferimenti per le strutture in legno

- EC 5 – UNI EN 1995 EuroCodice 5 *Progettazione delle strutture in legno*
- CNR-DT 206/2007 – *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Legno*

### Riferimenti per le fondazioni e le opere di sostegno del terreno

- EC7 – UNI ENV 1997 EuroCodice7 *Progettazione geotecnica*
- UNI ENV 1998-5 EuroCodice8 *Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.*

## 1.2 Classificazione delle opere

L'intervento si caratterizza come opere di importanza normale e vanno considerate come opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

Coerentemente con la normativa di riferimento, si attribuisce alle strutture una Vita Nominale pari a 50 anni e una classe d'uso II

### 1.2.1 Classe d'uso, periodo di riferimento per la costruzione per l'azione sismica

L'evento sismico che deve essere verificato è legato alla vita nominale dell'opera, amplificata dal coefficiente d'uso  $C_U$ .

Nel caso in esame abbiamo:

Classe d'Uso..... *Classe II*

Coefficiente d'Uso.....  $C_U = 1,0$

Periodo di Riferimento Azione Sismica.....  $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \text{ anni}$

### 1.2.2 Livelli di Sicurezza e Prestazioni richiesti

Le opere in oggetto non presentano caratteristiche peculiari che le distinguano dalla generalità delle opere rispondenti ai parametri di classificazione riportati al paragrafo precedente, né sono state avanzate dalla Committente particolari richieste prestazionali. Pertanto i *Livelli di Sicurezza Richiesti* e le *Prestazioni Richieste* sono quelli ordinari previsti dalle Norme di Riferimento.

Più esplicitamente:

- Va garantita la *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*, quali crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali;
- Va garantita la *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*, per garantire le prestazioni nelle condizioni di esercizio;

Lavoro:	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo		
Elaborato:	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone		

- Va garantita la *robustezza*, per evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti *azioni eccezionali*, quali incendio, esplosioni, urti ed impatti;
- Va garantita la *durabilità*, cioè la conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, affinché i livelli di sicurezza vengano garantiti durante tutta la vita dell'opera.

## 2 PREMESSE RELATIVE AL CALCOLO DELLE STRUTTURE

### 2.1 CRITERI DI ANALISI E VERIFICA DELLE STRUTTURE

#### 2.1.1 Metodo di analisi e verifica delle strutture

Il metodo di analisi e verifica delle strutture e delle fondazioni, è *il metodo semi-probabilistico agli stati limite*, per come questo è inteso dalle normative di riferimento.

Tutte le strutture in esame sono state studiate con *modelli a comportamento elastico lineare*, salvo diversa specifica.

#### 2.1.2 Criteri di calcolo delle strutture

Per l'analisi e la verifica delle strutture in esame sono stati utilizzati sia metodi di calcolo manuale che *codici di calcolo* con elaborazione dei dati eseguita da *calcolatore elettronico*.

I metodi di calcolo manuale saranno descritti in fase di esposizione delle analisi e delle verifiche.

Relativamente all'uso di *codici di calcolo* elaborati con *calcolatore elettronico*, si precisa che sono stati utilizzati esclusivamente *modelli locali* che rappresentano singoli elementi o sotto-sistemi strutturali. Tali modelli locali saranno descritti e definiti in fase di esposizione delle analisi e delle verifiche.

## 2.2 Caratteristiche dei materiali strutturali

### CALCESTRUZZO:

- Calcestruzzo C25/30 ( $R_{ck}$  30) – XC2 – S4

Descrizione:

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1, per Fondazioni, in classe di esposizione XC1 o **XC2** (UNI 11104), classe di resistenza **C25/30 ( $R_{ck}$  30)**, classe di consistenza **S4**, diametro massimo degli inerti  **$D_{max}$  32 mm**, contenuto in cloruri **Cl < 0.4**.

Resistenza caratteristica a compressione

su provini cubici di progetto.....  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a compressione

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

su provini cilindrici di progetto..... $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza media a compressione  
 su provini cilindrici di progetto..... $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2 = 32,9 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza a trazione media di progetto..... $f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$   
 Res. a trazione caratteristica di progetto..... $f_{ctk} = 0,70 f_{ctm} = 1,79 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza tangenziale caratteristica  
 di aderenza di progetto..... $f_{bk} = 2,25 f_{ctk} = 4,03 \text{ N/mm}^2$   
 Coefficiente di sicurezza del materiale..... $\gamma_C = 1,5$   
 Resistenza a compressione di calcolo:  
 Coefficiente riduttivo per resistenze  
 di lunga durata.....  $\alpha_{cc} = 0,85$   
 Res. a compressione di calcolo..... $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C = 14,11 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza a trazione di calcolo..... $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1,19 \text{ N/mm}^2$   
 Modulo elastico medio di progetto..... $E_{c,m} = 22000 (f_{cm} / 10 \text{ N/mm}^2)^{0,3} \text{ N/mm}^2 =$   
 $\cong 31450 \text{ N/mm}^2$   
 Coefficiente di Poisson medio di progetto....  $\nu_c = 0,2$   
 Modulo elastico tangenziale di progetto..... $G_{c,m} = E_c / [ 2 (1 + \nu_c) ] \cong 13100 \text{ N/mm}^2$

## ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le opere in oggetto si prevede l'utilizzo di un acciaio per cemento armato laminato a caldo saldabile conforme ai parametri forniti dal NTC2008 – Decreto 14 gennaio 2008 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – “Norme tecniche per le costruzioni”, per la classe indicata come *B450C*.

Descrizione:

Acciaio per cemento armato ad aderenza migliorata, laminato a caldo, saldabile, conforme alla UNI EN 10080, del tipo **B450C**, classificabile anche come Fe B 44 k , in barre sciolte e reti elettrosaldate, con diametro delle barre  $\varnothing$  compreso fra 6 e 40 mm.

Tensione nominale di snervamento..... $f_{y\text{nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione caratteristica di rottura..... $f_{t\text{nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione caratteristica di snervamento..... $f_{yk} \geq f_{y\text{nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$   
 Tensione caratteristica di rottura..... $f_{tk} \geq f_{t\text{nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$   
 Rapporto di sovraresistenza caratteristico....  $(f_t / f_y)_k \geq 1,13$   
 $(f_t / f_y)_k \leq 1,35$

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo</p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Fattore di sicurezza effettivo caratteristico...  $(f_y / f_{y nom})_k \leq 1,25$

Allungamento  $A_{gt}$  caratteristico.....  $(A_{gt})_k \geq 7,5 \%$

Tensione caratteristica di snervamento

di progetto.....  $f_{yk} = f_{y nom} = 450 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di sicurezza del materiale.....  $\gamma_s = 1,15$

Resistenza di calcolo:

Tensione caratteristica di

snervamento di calcolo.....  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo.....  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità di calcolo.....  $E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

## 2.3 Azioni di calcolo sulle opere

### Definizione delle categorie delle azioni di base

#### Carichi permanenti – $G$

##### Peso proprio degli elementi strutturali – $G_1$

Comprende il peso proprio di tutti gli elementi strutturali.

##### Sovraccarichi permanenti – $G_2$

Comprende il peso proprio di tutti gli elementi non-strutturali e tutti gli altri carichi di natura permanente.

##### Azioni di pretensione e precompressione – $P$

Comprendono le azioni di pretensione e precompressione eventualmente applicate alle strutture.

#### Carichi variabili – $Q$

##### Sovraccarichi variabili relativi all'utilizzo della struttura – $Q_1$

Comprendono i sovraccarichi variabili associati all'utilizzo ordinario, ed i carichi associati ad eventuali interventi di manutenzione per le parti non accessibili normalmente.

##### Azioni del vento – $Q_w$

Comprendono le azioni esercitate dal vento su tutte le superfici dell'edificio esposte a tale azione. Per le azioni complessive il vento sarà fatto agire secondo due direzioni fra loro ortogonali, mentre per le verifiche locali sarà scelta la direzione più sfavorevole.

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

### Azioni della neve – $Q_s$

Comprendono il carico da neve

### Azioni della temperatura – $Q_T$

Comprendono le azioni prodotte dalle variazioni di temperatura rispetto alla condizioni iniziali delle opere; sono state considerate sia variazioni in aumento che in riduzione della temperatura.

### Azioni eccezionali – $A$

Comprendono le azioni associate al verificarsi di eventi di natura *eccezionale*, quali incendio, esplosioni ed urti.

### Azioni sismiche – $E$

Comprendono le azioni associate sia ai moti sismici orizzontali sia ai moti sismici verticali, nel caso in cui le caratteristiche dell'elemento preso in esame rendano opportuno considerare anche questi ultimi.

### Entità delle azioni di calcolo

Allo scopo di fornire tutti i dati necessari alla valutazione dell'entità dei carichi, prima di indicare i valori specifici delle azioni di progetto agenti sulle opere, si riportano i parametri fondamentali che definiscono le varie voci di carico.

Si precisa che i valori indicati qui di seguito per le diverse voci di carico, sono da intendersi come *valori caratteristici* e che per brevità di notazione, ai simboli rappresentanti i carichi non verrà posposto il pedice  $k$ .

### Parametri fondamentali per il calcolo delle azioni

#### Carichi permanenti – $G$

#### Peso proprio degli elementi strutturali ( $G_1$ ) e sovraccarichi permanenti ( $G_2$ )

##### Pesi unitari dei materiali

Elementi strutturali:

Calcestruzzo.....	$w_c = 25,00 \text{ kN} / \text{m}^3$
Acciaio.....	$w_s = 78,50 \text{ kN} / \text{m}^3$
Legno.....	$w_{wood} = 6,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Elementi non-strutturali:

Pavimentazioni:

In elementi lapidei.....	$w_{p,1} = 1,00 \text{ kN} / \text{m}^2$
In piastrelle ceramiche.....	$w_{p,2} = 0,40 \text{ kN} / \text{m}^2$

<b>Lavoro:</b>	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

In legno o in gomma.....  $w_{p,2} = 0,20 \text{ kN} / \text{m}^2$

Sottofondi in conglomerato cementizio per pavimentazioni:

Non alleggeriti.....  $w_{sg,1} = 24,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Alleggeriti.....  $w_{sg,1} = 10,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Laterizi:

Semi-pieni.....  $w_{m,1} = 15,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Forati.....  $w_{m,2} = 11,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Terreno naturale.....  $w_g = 17,00 - 20,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Acqua.....  $w_w = 10,00 \text{ kN} / \text{m}^3$

### **Carichi variabili – Q**

#### **Sovraccarichi variabili relativi all'utilizzo delle strutture – Q<sub>1</sub>**

Si precisa che qui di seguito, come anche nel prosieguo, al fine di evitare incongruenze formali, le voci di carico indicate nelle norme di riferimento come  $q_k$ ,  $Q_k$  e  $H_k$ , saranno indicate rispettivamente come  $q_1$ ,  $F_{q1}$  e  $p_{q1}$ .

#### Valori di riferimento

Si riportano qui di seguito i sovraccarichi associati alle categorie cui possono essere assimilati i diversi ambienti delle opere in oggetto.

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b> Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b> Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	<b>Coperture e sottotetti</b> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati  
\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

### Azione del vento – $Q_w$

#### Parametri di base

Zona.....6

Altitudine sul livello del mare.....  $a_s = 13-18 \text{ m} < 500 \text{ m}$

Distanza dalla linea di costa del mare.....  $d < 10 \text{ km}$

Parametri di zona:

Altezza di riferimento  $a_0$ .....  $a_0 = 500 \text{ m}$

Coefficiente  $k_a$ .....  $k_a = 0,030 \text{ s}^{-1}$

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Velocità del vento di riferimento.....  $v_{ref} = v_{ref,0} = 28 \text{ m/s}$

Pressione cinetica di riferimento.....  $q_{ref} = v_{ref}^2/1,6 = 490 \text{ N/m}^2 = 0,490 \text{ kN/m}^2$

Classe di rugosità del terreno..... **D** (area priva di ostacoli)

Categoria di esposizione del sito..... **I**

### Calcolo dell'azione del vento

6) Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
6	28	500	0.02
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			18
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$			
$v_b (T_R = 50 \text{ [m/s]})$			28.000
$\alpha_R (T_R)$			1.00073
$v_b (T_R) = v_b \times \alpha_R \text{ [m/s]}$			28.021



$p$  (pressione del vento [N/mq]) =  $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$   
 $q_b$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])  
 $c_e$  (coefficiente di esposizione)  
 $c_p$  (coefficiente di forma)  
 $c_d$  (coefficiente dinamico)

#### Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_b$ [N/mq]	490.72
--------------	--------

#### Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

#### Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.



<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo	
	<b>Elaborato:</b> Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	mare					
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	mare	costa
	1,5 km	0,5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

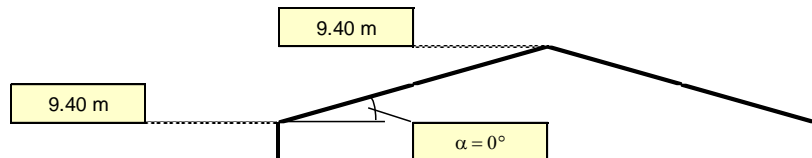
Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]
6	D	18

$$C_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>
I	0.17	0.01	2	1

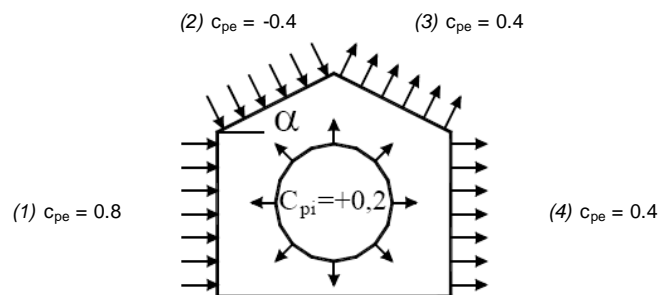
z [m]	c <sub>e</sub>
z ≤ 2	1.883
z = 9.4	2.739
z = 9.4	2.739



Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture stagne

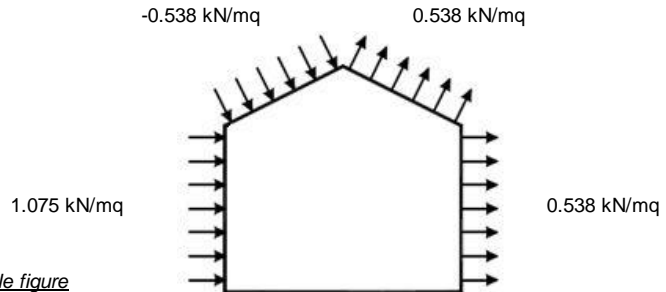
(1)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0.80	1.075
(2)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	-0.40	-0.538
(3)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0.40	0.538
(4)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0.40	0.538



<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <b>Progetto Esecutivo</b>	
	<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	1.075
(2)	-0.538
(3)	0.538
(4)	0.538



**N.B.** Se  $p$  (o  $c_{pe}$ ) è  $> 0$  il verso è concorde con le frecce delle figure

### Azioni della neve – $Q_s$

Zona.....Zona III  
 Altitudine sul livello del mare.....  $a_s = 13-18\text{ m} < 200\text{ m}$   
 Carico neve al suolo.....  $q_{sk} = 0,75\text{ kN} / \text{m}^2$

### Azioni della temperatura – $Q_T$

Per le azioni della temperatura non vi sono particolari indicazioni relative ai parametri fondamentali per il calcolo; si rimanda quindi ai paragrafi successivi per le diverse opere qui in oggetto, nei quali vengono specificate le azioni della temperatura eventualmente da considerarsi nello specifico delle opere in oggetto.

### Azioni eccezionali – A

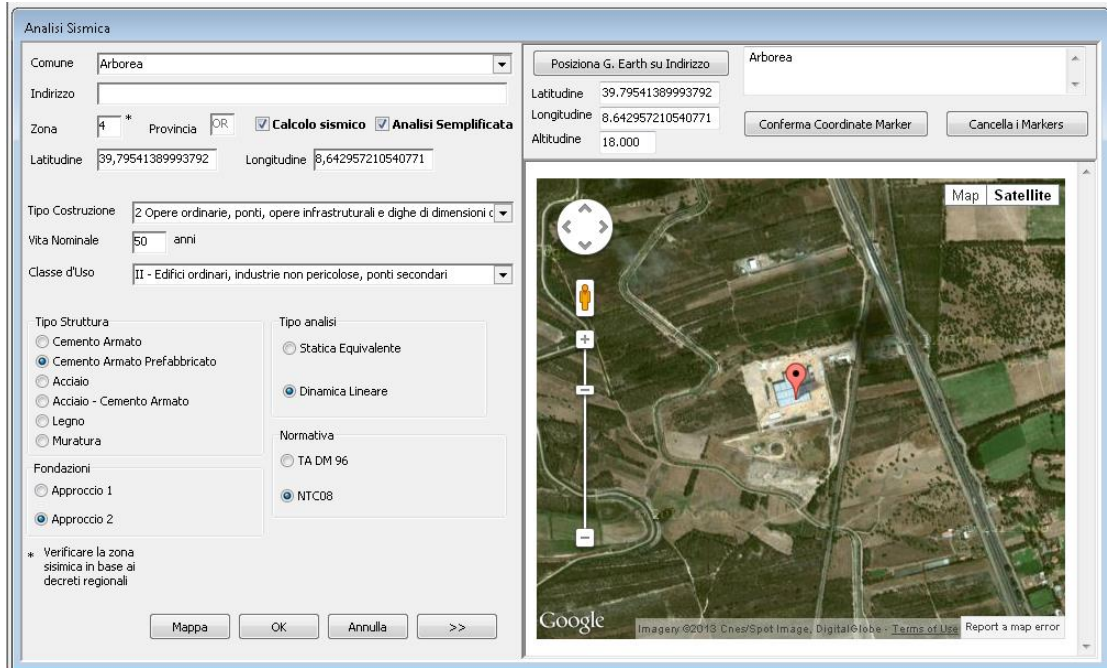
Per le azioni eccezionali non vi sono particolari indicazioni relative ai parametri fondamentali per il calcolo; si rimanda quindi ai paragrafi successivi per le diverse opere qui in oggetto, nei quali vengono specificate le azioni eccezionali eventualmente da considerarsi nello specifico delle opere in oggetto.

### Azioni sismiche – E

Comune amministrativo..... Arborea (OR)  
 Classificazione sismica:  
 Classificazione 2003 – Zona sismica..... Zona 4  
 Obbligo di calcolo sismico..... NO

Di seguito si riportano i parametri di base per la valutazione delle azioni sismiche;  
 Individuazione del sito

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone



Coordinate geografiche del sito:

Coordinate geografiche:

Con riferimento all'immagine riportata sopra, una stima sufficientemente approssimata delle coordinate geografiche è la seguente.

Latitudine.....  $LAT = 39^{\circ}46'26.4''N ; 39.7740N$

Longitudine.....  $LON = 8^{\circ} 34'58.44''E; 8.5829E$

**Parametri di pericolosità sismica**

Definizione dei tempi di ritorno per i diversi Stati Limite :

Dati di base:

I dati che seguono sono quelli già indicati al § 1.3 *Classificazione delle opere.*

Vita Nominale.....  $V_N = 50 \text{ anni}$

Coefficiente d'Uso.....  $C_U = 1,0$

Periodo di Riferimento.....  $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \text{ anni}$

**Caratteristiche del suolo di fondazione**

Categoria suolo di fondazione:

Categoria suolo di fondazione.....  $C$

Coefficiente di amplificazione relativo al suolo di fondazione:

Categoria topografica.....  $T1 - \text{Superficie pianeggiante (incl. } < 15^{\circ})$

Lavoro:	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo	
Elaborato:	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Coefficiente di amplificazione topografica..  $S_T = 1$

### Stati Limite di progetto per le azioni sismiche

Come già indicato al precedente *Classificazione delle opere*, le opere in oggetto sono da considerarsi *nuova costruzione* appartenente alla **Classe d'Uso II**. Pertanto, conformemente alle indicazioni delle NTC2008 al § 7.1 *Requisiti nei confronti degli Stati Limite*, le azioni sismiche di progetto da considerare sono quelle allo **Stato Limite di Danno – SLD** e quelle allo **Stato Limite di salvaguardia della Vita – SLV**.

Stati Limite di progetto:

**SLD – Stato Limite di Danno**

**SLV – Stato Limite di salvaguardia della Vita**

#### 2.3.1 Azioni di progetto per le opere

Per la definizione delle azioni di calcolo da applicarsi alle specifiche opere si rimanda ai successivi capitoli per le diverse opere qui in oggetto.

#### 2.3.2 Combinazioni di carico

Le combinazioni indicate di seguito sono valide per tutte le verifiche, salvo diversa specifica che si rendesse necessaria od opportuna in particolari situazioni o per particolari elementi; ogni variazione rispetto alle seguenti combinazioni sarà segnalata.

Si precisa che nelle espressioni riportate in seguito, i coefficienti di combinazione  $\psi$  – per ciascuna verifica – assumono i valori che determinano la condizione più gravosa.

##### 2.3.2.1 Criteri di combinazione

###### 2.3.2.1.1 Combinazioni *fondamentali* agli Stati Limite Ultimi

Si definiscono combinazioni *fondamentali* agli *Stati Limite Ultimi* quelle che comprendono i carichi permanenti e quelli variabili e non includono le azioni eccezionali e le azioni sismiche. Tali combinazioni comprendono i carichi *statici* o *pseudo-statici* e vengono quindi indicate anche come *combinazioni agli Stati Limite Ultimi Statiche*, ed identificate come  $SLU_{ST}$ .

Coefficienti di sicurezza sulle azioni:

Carichi permanenti –  $G$  :

Peso proprio elementi strutturali.....  $\gamma_{G1} = 1,3 - 1,0$

Sovraccarichi permanenti.....  $\gamma_{G2} = 1,5 - 0$

Az. pretensione e precompressione...  $\gamma_P = 1,3 - 1,0$

Carichi variabili –  $Q$ .....  $\gamma_Q = 1,5 - 0$

Combinazioni *fondamentali* agli *Stati Limite Ultimi* –  $SLU_{ST}$  :

<b>Lavoro:</b>	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

Sovraccarichi utilizzo-  $Q_1$ .....  $\psi_{0,Q1} = 1 - 0$  (rif. Cat. E)

Carico neve -  $Q_s$ .....  $\psi_{0,Qs} = 0,5 - 0$  (quota < 1000 m s.l.m.)

Azione del vento -  $Q_w$ .....  $\psi_{0,Qw} = 0,6 - 0$

Azioni della temperatura -  $Q_T$ .....  $\psi_{0,QT} = 0,6 - 0$

Espressione generale delle combinazioni.....  $SLU_{ST,i} = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P +$   
 $+ \gamma_Q (Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,Qj} Q_j)$

Combinazione di calcolo.....  $SLU_{ST} = \text{involuppo} \{ SLU_{ST,i} \}$

### 2.3.2.1.2 Combinazioni sismiche

Si definiscono combinazioni *sismiche* quelle che comprendono le azioni sismiche, i carichi permanenti con il proprio valore *caratteristico*, quelli variabili con il proprio valore *medio*, e che non includono e le azioni eccezionali.

- **Premesse**

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

Sovraccarichi utilizzo-  $Q_1$ .....  $\psi_{2,E,Q1} = \psi_{2,Q1} = 0,8$  (rif. Cat. E)

Carico neve -  $Q_s$  :

Le NTC2008 consentirebbero l'uso di  $\psi_{2,Qs} = 0$ , dal momento che la quota del sito sul livello del mare è inferiore a 1000 m s.l.m. Tuttavia, tenuto anche conto delle normative precedenti le NTC2008 e della letteratura tecnica, e considerata la scarsa incidenza delle masse associate alla neve, si è assunto  $\psi_{2,Qs} = 0,2$ .

Coeff. di combinazione carico neve..  $\psi_{2,E,Qs} = 0,2$

Azione del vento -  $Q_w$ .....  $\psi_{2,E,Qw} = \psi_{2,Qw} = 0$

Azioni della temperatura -  $Q_T$ .....  $\psi_{2,E,QT} = \psi_{2,QT} = 0$

Carichi medi di calcolo in presenza di sisma:

Per *carichi medi di calcolo in presenza di sisma* si intende l'insieme dei carichi da considerare compresenti alle azioni sismiche. Tali carichi vengono identificati come  $G_E$ , e sono definiti di seguito.

Carichi medi di calcolo in pres. di sisma.....  $G_E = G_1 + G_2 + P + \sum_i \psi_{2,E,Qi} Q_i$

- **Identificativi delle azioni sismiche**

Come indicato al precedente § *Definizione delle azioni sismiche di progetto* le azioni sismiche di calcolo sono identificate come indicato di seguito.

<b>Lavoro:</b>	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Azioni sismiche allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita* : E

• **Combinazioni sismiche di calcolo**

Azioni sismiche di calcolo allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita*:  $SLV = E + G_E$

**2.3.2.1.3 Combinazioni agli Stati Limite di Esercizio**

Si definiscono combinazioni *fondamentali* agli *Stati Limite di Esercizio* quelle che comprendono i carichi permanenti e quelli variabili e non includono le azioni eccezionali e le azioni sismiche.

**Combinazioni rare –  $SLE_R$**

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

- Sovraccarichi utilizzo–  $Q_I$ .....  $\psi_{0,QI} = 1,0 - 0$  (rif. Cat. E)
- Carico neve –  $Q_s$ .....  $\psi_{0,Qs} = 0,5 - 0$  (quota < 1000 m s.l.m.)
- Azione del vento –  $Q_w$ .....  $\psi_{0,Qw} = 0,6 - 0$
- Azioni della temperatura –  $Q_T$ .....  $\psi_{0,QT} = 0,6 - 0$

Combinazioni *rare* :

Espressione generale delle combinazioni.....  $SLE_{R,i} = G_1 + G_2 + P +$   
 $+ (Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,Qj} Q_j)$   
 Combinazione di calcolo.....  $SLE_R = \text{involuppo} \{ SLE_{R,i} \}$

**2.3.2.1.3.1 Combinazioni frequenti –  $SLE_F$**

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

Coefficienti di combinazione relativi ai carichi prevalenti:

- Sovraccarichi utilizzo–  $Q_I$ .....  $\psi_{1,QI} = 0,9 - 0$  (rif. Cat. E)
- Carico neve –  $Q_s$ .....  $\psi_{1,Qs} = 0,2 - 0$  (quota < 1000 m s.l.m.)
- Azione del vento –  $Q_w$ .....  $\psi_{1,Qw} = 0,2 - 0$
- Azioni della temperatura –  $Q_T$ .....  $\psi_{1,QT} = 0,5 - 0$

Coefficienti di combinazione relativi ai carichi secondari:

- Sovraccarichi utilizzo–  $Q_I$ .....  $\psi_{2,QI} = 0,3 - 0$  (rif. Cat. A)
- Carico neve –  $Q_s$ .....  $\psi_{2,Qs} = 0$  (quota < 1000 m s.l.m.)
- Azione del vento –  $Q_w$ .....  $\psi_{2,Qw} = 0$
- Azioni della temperatura –  $Q_T$ .....  $\psi_{2,QT} = 0$

<b>Lavoro:</b>	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Combinazioni *frequenti* :

$$\begin{aligned}
 &\text{Espressione generale delle combinazioni.....} SLE_{F,i} = G_1 + G_2 + P + \\
 &\hspace{15em} + ( \psi_{1,Q_i} Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{2,Q_j} Q_j ) \\
 &\text{Combinazione di calcolo.....} SLE_F = \text{inviluppo} \{ SLE_{F,i} \}
 \end{aligned}$$

### 2.3.2.1.3.2 Combinazioni *quasi permanenti* – $SLE_{QP}$

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

$$\begin{aligned}
 &\text{Sovraccarichi utilizzo- } Q_1 \text{.....} \psi_{2,Q_1} = 0,8 - 0 \quad (\text{rif. Cat. E}) \\
 &\text{Carico neve - } Q_s \text{.....} \psi_{2,Q_s} = 0 \quad (\text{quota} < 1000 \text{ m s.l.m.}) \\
 &\text{Azione del vento - } Q_w \text{.....} \psi_{2,Q_w} = 0 \\
 &\text{Azioni della temperatura - } Q_T \text{.....} \psi_{0,Q_T} = 0
 \end{aligned}$$

Combinazioni *quasi permanenti*:

$$\text{Combinazione di calcolo.....} SLE_{QP} = G_1 + G_2 + P + \sum_i \psi_{2,Q_i} Q_i$$

### 2.3.2.2 Combinazioni specifiche per le opere in oggetto

Per le combinazioni di carico specifiche per le singole opere si rimanda ai successivi capitoli, relativi alle medesime singole opere.

## 3 PREMESSE RELATIVE AL CALCOLO DELLE FONDAZIONI

### 3.1 Inquadramento del sito

Vale quanto detto al precedente § 1.1.2 *Caratteristiche del sito*.

### 3.2 Caratteristiche del terreno

Per una precisa descrizione delle caratteristiche del terreno si rimanda alla *Relazione Geologico-Tecnica* allegata al presente progetto.

#### 3.2.1 Caratteristiche fisico-meccaniche

##### Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

Dati ricavabili dalla *Relazione Geologico-Tecnica*

### 3.3 Caratteristiche delle fondazioni

Sulla base delle caratteristiche del terreno e delle opere in progetto, si è scelto di utilizzare **fondazioni di tipo superficiale in cemento armato**.

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO  3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO  Progetto Esecutivo</p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Si rimanda agli elaborati grafici per avere un inquadramento complessivo delle fondazioni.

Le caratteristiche delle fondazioni di ciascuna opera, come si evince di seguito, sono del tutto identiche.

### 3.4 Azioni di calcolo sulle fondazioni

#### 3.4.1 Azioni di base

Le azioni di calcolo da considerarsi per le fondazioni sono le stesse già descritte e definite per le strutture; riprendendo quanto già riportato al precedente § 2.3 *Azioni di calcolo sulle opere* le categorie in cui vengono suddivisi i carichi sono le seguenti:

Categorie delle azioni di base:

Carichi permanenti –  $G$  :

Peso proprio degli elementi strutturali –  $G_1$

Sovraccarichi permanenti –  $G_2$

Azioni di pretensione e precompressione –  $P$

Carichi variabili –  $Q$  :

Sovraccarichi variabili relativi all'utilizzo della struttura –  $Q_1$

Azioni del vento –  $Q_w$

Azioni della neve –  $Q_s$

Azioni della temperatura –  $Q_T$

Azioni eccezionali –  $A$

Azioni sismiche –  $E$

#### 3.4.2 Combinazioni di carico

Qui di seguito sono riportate esclusivamente le combinazioni di carico relative alle verifiche geotecniche delle fondazioni.

Le combinazioni indicate di seguito sono valide per tutte le verifiche, salvo diversa specifica che si rendesse necessaria od opportuna in particolari situazioni o per particolari elementi; ogni variazione rispetto alle seguenti combinazioni sarà segnalata.

Si precisa che nelle espressioni riportate in seguito, i coefficienti di sicurezza sui carichi  $\gamma$  ed i coefficienti combinazione  $\psi$  – per ciascuna verifica – assumono i valori che determinano la condizione più gravosa.

##### 3.4.2.1 Criteri di combinazione

###### Approccio di progetto

Nell'ambito delle indicazioni delle NTC2008, di cui al § 6.4.2 *Fondazioni superficiali*, si sceglie di operare applicando l' *Approccio 1*.

La scelta dell' *Approccio 1* è motivata sia dal fatto che è la metodologia più coerente con



<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

l'impostazione dell'EC7, sia perché, sulla base delle discussioni nate nel primo periodo di applicazione delle NTC2008, è emerso che l' *Approccio 2* non può ragionevolmente essere esteso al caso sismico.

### **Combinazioni geotecniche agli Stati Limite Ultimi**

#### **Combinazioni *Approccio 1 – Combinazione 1 – GEO<sub>AI</sub>***

Si definiscono combinazioni *Approccio 1 – Combinazione 1* quelle che comprendono i carichi permanenti e quelli variabili e non includono le azioni eccezionali e le azioni sismiche, nelle ipotesi di carico A1 (NTC2008 § 6.2.3.1.1 Azioni).

Tali combinazioni comprendono i carichi *statici* o *pseudo-statici* e vengono quindi a coincidere con quelle indicate per le strutture come *combinazioni agli Stati Limite Ultimi Statiche*, ed identificate come *SLU<sub>ST</sub>*.

Coefficienti di sicurezza sulle azioni:

Carichi permanenti – *G* :

Peso proprio elementi strutturali.....  $\gamma_{G1} = 1,3 - 1,0$

Sovraccarichi permanenti.....  $\gamma_{G2} = 1,5 - 0$

Az. pretensione e precompressione...  $\gamma_P = 1,3 - 1,0$

Carichi variabili – *Q*.....  $\gamma_Q = 1,5 - 0$

Combinazioni *Approccio 1 – Combinazione 1 – GEO<sub>AI</sub>* :

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

Sovraccarichi utilizzo– *Q<sub>1</sub>*.....  $\psi_{0,Q1} = 1,0 - 0$  (rif. Cat. E)

Carico neve – *Q<sub>s</sub>*.....  $\psi_{0,Qs} = 0,5 - 0$  (quota < 1000 m s.l.m.)

Azione del vento – *Q<sub>w</sub>*.....  $\psi_{0,Qw} = 0,6 - 0$

Azioni della temperatura – *Q<sub>T</sub>*.....  $\psi_{0,QT} = 0,6 - 0$

Espressione generale delle combinazioni.....  $GEO_{AI,i} = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P +$   
 $+ \gamma_Q (Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,Qj} Q_j)$

Combinazione di calcolo.....  $GEO_{AI} = \text{involuppo} \{ GEO_{AI,i} \} = SLU_{ST}$

#### **Combinazioni *Approccio 1 – Combinazione 2 – GEO<sub>A2</sub>***

Si definiscono combinazioni *Approccio 1 – Combinazione 2* quelle che comprendono i carichi permanenti e quelli variabili e non includono le azioni eccezionali e le azioni sismiche, nelle ipotesi di carico A2 (NTC2008 § 6.2.3.1.1 Azioni).

Coefficienti di sicurezza sulle azioni:

Carichi permanenti – *G* :

<b>Lavoro:</b>	IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Peso proprio elementi strutturali.....  $\gamma_{G1} = 1,0$   
 Sovraccarichi permanenti.....  $\gamma_{G2} = 1,0 - 0$   
 Az. pretensione e precompressione...  $\gamma_P = 1,0$   
 Carichi variabili -  $Q$ .....  $\gamma_Q = 1,3 - 0$

Combinazioni *Approccio 1 - Combinazione 2 - GEO A2* :

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

Sovraccarichi utilizzo -  $Q_1$ .....  $\psi_{0,Q1} = 1,0 - 0$  (rif. Cat. E)  
 Carico neve -  $Q_s$ .....  $\psi_{0,Qs} = 0,5 - 0$  (quota < 1000 m s.l.m.)  
 Azione del vento -  $Q_w$ .....  $\psi_{0,Qw} = 0,6 - 0$   
 Azioni della temperatura -  $Q_T$ .....  $\psi_{0,QT} = 0,6 - 0$

Espressione generale delle combinazioni.....  $GEO_{A2,i} = \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P +$   
 $+ \gamma_Q (Q_i + \sum_{j \neq i} \psi_{0,Qj} Q_j)$

Combinazione di calcolo.....  $GEO_{A2} = \text{involuppo} \{ GEO_{A2,i} \}$

### Combinazioni sismiche

Si definiscono combinazioni *sismiche* quelle che comprendono le azioni sismiche, i carichi permanenti con il proprio valore *caratteristico*, quelli variabili con il proprio valore *medio*, e che non includono e le azioni eccezionali.

Si distingue fra combinazioni sismiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio. Come precisato al precedente paragrafo *Stati Limite di progetto per le azioni sismiche*, nel caso specifico gli stati limite da considerarsi sono i seguenti:

SLD - Stato Limite di Danno

SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita

Lo stato limite SLD è di esercizio, SLV è uno stato limite ultimo. I criteri di combinazione delle azioni sismiche con le altre azioni e i relativi coefficienti di combinazione sono riportati di seguito.

Si precisa che le combinazioni sismiche da considerarsi per le fondazioni coincidono con quelle già definite per le strutture. Tuttavia, per maggiore chiarezza, si riportano nuovamente i criteri di combinazione già precisati nella *Relazione di Calcolo delle Strutture*.

Coefficienti di combinazione dei carichi variabili:

Sovraccarichi utilizzo -  $Q_1$ .....  $\psi_{2,E,Q1} = \psi_{2,Q1} = 0,3$  (rif. Cat. A)

Carico neve -  $Q_s$  :

Le NTC2008 consentirebbero l'uso di  $\psi_{2,Qs} = 0$ , dal momento che la quota del sito sul livello del mare è inferiore a 1000 m s.l.m. Tuttavia, tenuto anche

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO  3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO  Progetto Esecutivo</p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

conto delle normative precedenti le NTC2008 e della letteratura tecnica, e considerata la scarsa incidenza delle masse associate alla neve, si è assunto  $\psi_{2,Qs} = 0,2$ .

Coeff. di combinazione carico neve..  $\psi_{2,E,Qs} = 0,2$

Azione del vento –  $Q_w$ .....  $\psi_{2,E,Qw} = \psi_{2,Qw} = 0$

Azioni della temperatura –  $Q_T$ .....  $\psi_{2,E,QT} = \psi_{2,QT} = 0$

Carichi medi di calcolo in presenza di sisma:

Per *carichi medi di calcolo in presenza di sisma* si intende l'insieme dei carichi da considerare compresenti alle azioni sismiche. Tali carichi vengono identificati come  $G_E$ , e sono definiti di seguito.

Carichi medi di calcolo in presenza di sisma.....  $G_E = G_1 + G_2 + P + \sum_i \psi_{2,E,Qi} Q_i$

- **Identificativi delle azioni sismiche**

Come indicato al precedente paragrafo *Definizione delle azioni sismiche di progetto* le azioni sismiche di calcolo sono identificate come indicato di seguito.

Azioni sismiche allo *Stato Limite di Danno*.....  $E_D$

Azioni sismiche di calcolo allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita*.....  $E$

- **Combinazioni sismiche di calcolo**

Azioni sismiche allo *Stato Limite di Danno*.....  $SLD = E_D + G_E$

Azioni sismiche allo *Stato Limite di salvaguardia della Vita* :

Azioni sismiche allo SLV di calcolo.....  $SLV = E + G_E$

Si precisa comunque che nello specifico delle opere in esame, si ritiene che le combinazioni sismiche SLD non siano rilevanti e non necessitino di specifiche verifiche; si ritengono sufficienti le verifiche di resistenza condotte per la combinazione SLV.

### 3.4.2.1.1 Combinazioni agli Stati Limite di Esercizio

Si ritiene che per le opere in oggetto possano essere utilizzate le medesime combinazioni già definite per le strutture e qui di seguito richiamate.

### 3.4.2.2 Combinazioni specifiche per le fondazioni in oggetto

Nel rispetto dei criteri generali poco sopra esposti, sono state individuate le combinazioni significative risultate più gravose per le fondazioni in oggetto; tali combinazioni sono indicate nell' *Allegato A – Modelli numerici*, ma sono anche già state riportate nella precedente *Relazione di Calcolo delle Strutture* al § 2.3.3.2 *Combinazioni specifiche per le opere in oggetto*, al quale si rimanda.

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;">IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO 3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio – 1° SUB STRALCIO Progetto Esecutivo</p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

### 3.5 Analisi delle fondazioni

Per le fondazioni a plinto, l'analisi è basata esclusivamente sulle condizioni di equilibrio, trascurando, a favore di sicurezza, l'effetto collaborativo degli eventuali altri elementi di fondazione collegati (travi di fondazione).

Per le travi di fondazione è stata utilizzata una schematizzazione *alla Winckler*, cioè con interazione fondazione–terreno di tipo elastico lineare.

#### Verifica delle fondazioni

Si ritiene che per le opere in oggetto non siano pertinenti le verifiche di *sollevamento*, *sifonamento*, *stabilità globale*. Inoltre risultano non significative le verifiche di *scorrimento*.

Fatte queste premesse, per le fondazioni in esame rimangono da eseguire le seguenti verifiche geotecniche :

- Verifiche di capacità portante
- Verifiche a ribaltamento
- Verifiche dei cedimenti

#### Verifiche di capacità portante

In questo paragrafo vengono esposti i criteri di calcolo della capacità portate e la verifica della stessa.

#### Criteri di calcolo del carico limite

Le norme di riferimento non indicano espressioni esplicite per la valutazione del carico limite di fondazioni superficiali, lasciando al progettista la scelta del metodo ritenuto più opportuno.

Si è fatto riferimento alle espressioni fornite dall'EC7-1, nella *Appendice B – Esempio di calcolo analitico del carico limite*, riportata qui di seguito.

Estratto da EC7-1 :

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

---

## APPENDICE B ESEMPIO DI CALCOLO ANALITICO DEL CARICO LIMITE

(informativa)

---

### B.1

#### Generalità

Si possono adottare le formule approssimate per il calcolo del carico limite verticale di progetto, derivate dalla teoria della plasticità e dai risultati sperimentali. È opportuno tenere conto dell'effetto dei seguenti fattori:

- la resistenza del terreno, rappresentata generalmente dai valori di progetto  $c_u$ ,  $c'$  e  $\phi'$ ;
- l'eccentricità e l'inclinazione dei carichi di progetto;
- la forma, la profondità e l'inclinazione della fondazione;
- l'inclinazione del piano campagna;
- le pressioni dovute alla falda ed i gradienti idraulici;
- la variabilità del terreno, con particolare riguardo alla successione stratigrafica.

Oltre ai simboli elencati ai punti 1.6 e 1.7, si introducono i seguenti:

- $\delta$       angolo di attrito di progetto sul piano di posa della fondazione secondo il punto 6.5.3;
- $q$         pressione litostatica totale di progetto agente sul piano di posa della fondazione;
- $q'$         pressione litostatica efficace di progetto agente sul piano di posa della fondazione;
- $\gamma'$        peso di volume efficace di progetto del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione, ridotto a  $\gamma' = \gamma - \gamma_w (1 + i)$  in presenza di un gradiente idraulico  $i$  diretto verso l'alto;
- $B'$         larghezza efficace di progetto della fondazione;
- $L'$         lunghezza efficace di progetto della fondazione;
- $A' = B' \cdot L'$     area della fondazione efficace di progetto, intesa come la base della fondazione oppure, nel caso di un carico eccentrico, come l'area ridotta al centro della quale si applica la risultante del carico;
- $s, i$        valori di progetto dei fattori adimensionali relativi, rispettivamente, alla forma della fondazione ed all'inclinazione del carico;  $i$ ,  $q$  e  $\gamma$  indicano gli effetti dovuti alla coesione, al sovraccarico e al peso del terreno; questi coefficienti sono validi solo nei casi in cui i parametri di resistenza al taglio sono indipendenti dalla direzione.

---

### B.2

#### Condizioni non drenate

Il carico limite di progetto si calcola con la formula:

$$R / A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q \quad [B.1]$$

con i valori di progetto dei fattori adimensionali per:

- la forma della fondazione:
  - $s_c = 1 + 0,2 (B' / L')$                       per forma rettangolare;
  - $s_c = 1,2$                                         per forma quadrata o rotonda;
- l'inclinazione della risultante dovuta ad un carico orizzontale  $H$ :
 
$$i_c = 0,5 (1 + \sqrt{1 - H / A' c_u})$$

---

### B.3

#### Condizioni drenate

Il carico limite di progetto è calcolato a partire da:

$$R / A' = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \quad [B.2]$$

con i valori di progetto dei fattori adimensionali per:

- la capacità limite:

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2 (45^\circ + \phi'/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi' \quad \text{quando } \delta \geq \phi'/2 \text{ (base ruvida)}$$

- la forma della fondazione:

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \phi' \quad \text{per forma rettangolare;}$$

$$s_q = 1 + \sin \phi' \quad \text{per forma quadrata o rotonda;}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') \quad \text{per forma rettangolare;}$$

$$s_\gamma = 0,7 \quad \text{per forma quadrata o rotonda;}$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o rotonda;}$$

- l'inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale  $H$  parallelo a  $L'$ :

$$i_q = i_\gamma = 1 - H / (V + A' \cdot c' \cot \phi')$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

- l'inclinazione della risultante dovuta a un carico orizzontale  $H$  parallelo a  $B'$ :

$$i_q = [1 - 0,7 H / (V + A' \cdot c' \cot \phi')]^3$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cot \phi')]^3$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

È necessario considerare anche gli effetti complementari della profondità e dell'inclinazione del piano di posa della fondazione e del piano campagna.

### 3.5.1 Criteri di verifica della capacità portante

Come già indicato in precedenza, nell'ambito delle indicazioni delle NTC2008, di cui al § 6.4.2 *Fondazioni superficiali*, si sceglie di operare applicando l' *Approccio 1*.

Si vanno quindi a considerare le combinazioni agli SL geotecnici già definite come  $GEO_{A1}$ ,  $GEO_{A2}$ , e le combinazioni sismiche allo  $SLV$ .

Si precisa poi che alle combinazioni  $GEO_{A1}$ ,  $GEO_{A2}$  e  $SLV$  sono da associarsi le combinazioni di *Azioni* e *Resistenze* di seguito specificate (la simbologia è quella delle NTC2008, di cui al § 6.4.2 *Fondazioni superficiali*).

Corrispondenze fra combinazioni di carico e parametri di resistenza:

Combinazioni geotecniche agli Stati Limite Ultimi :

Combinazione  $GEO_{A1}$ ..... ( A1 , M1 , R1 )

Combinazione  $GEO_{A2}$ ..... ( A2 , M2 , R2 )

Combinazioni sismiche:

Combinazione allo  $SLV$ ..... ( SLV , M2 , R2 ) <sup>(1)</sup>

(1) Si fa propria l'interpretazione cautelativa presente nella Circolare Esplicativa relativa alle NTC 2008; tale Circolare indica di applicare alla combinazione sismica allo  $SLV$  i coefficienti di sicurezza relativi all'Approccio 1 – Combinazione 2. Tale criterio risulta cautelativo rispetto ai criteri adottati dall'EC 8 .

### 3.5.2 VERIFICHE A RIBALTAMENTO

Per le opere in oggetto, considerata la geometria ed i carichi agenti, la possibilità di un ribaltamento può generalmente essere esclusa. L'unico caso (salvo diversa specifica) in cui si

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

è ritenuto opportuno eseguire le verifiche a ribaltamento, è quello delle fondazioni a plinti. Comunque, anche nel caso dei plinti si è riscontrato un elevato livello di sicurezza rispetto al ribaltamento.

La verifica di ribaltamento effettuata con il metodo degli stati limite, viene seguita confrontando un *momento ribaltante* ed un *momento stabilizzante*, verificando che quello stabilizzante superi quello ribaltante di un fattore di sicurezza non inferiore a  $F_{s,rib} = 1,0$ .

Le espressioni di verifica sono le seguenti.

- Momento ribaltante.....  $M_{r,d}$   
Momento stabilizzante.....  $M_{s,d}$   
Verifica.....  $M_{s,d} / M_{r,d} \geq 1,0$

### 3.5.3 VERIFICHE DEI CEDIMENTI

Dalla *Relazione Geologico-Tecnica*, si ricava quanto riportato di seguito.

6.4 Calcolo dei cedimenti

I cedimenti e la loro valutazione sono stati calcolati col metodo di Steinbrenner considerando un carico di esercizio cautelativo di 3 kg/cmq. Da questi calcoli risultano valori decisamente trascurabili.

$$w = (p \cdot b / E) [(1 - \gamma^2) \cdot I_{1w} + (1 - \gamma - 2\gamma^2) \cdot I_{2w}]$$

I cedimenti per fondazioni quadrate alla profondità di 1,5m sono:

w = cedimenti  
z = -150 cm (profondità fondazione)  
b = 100 cm (larghezza fondazione)  
p = 3 kg/cmq (carico d'esercizio)  
E = 400 kg/cmq (modulo di elasticità)  
 $\mu = 0,3$  (coefficiente di Poisson)  
 $I_{1w} = 0,212$  (1° coefficiente di influenza)  
 $I_{2w} = 0,075$  (2° coefficiente di influenza)

**w = 0,174 cm**

Si rileva che mantenendo le pressioni medie entro il limite di 3 kg/cmq, ovvero 300 kPa, ci si possono attendere cedimenti non superiori a 0,2 mm. Anche ipotizzando condizioni di carico più sfavorevoli di quelle utilizzate per la stima di cui sopra, i cedimenti stimati non supererebbero comunque 1 mm.

Considerata la tipologia di opere, cedimenti di tale entità sono pienamente accettabili, in

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;"> <b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b>  <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio – 1° SUB STRALCIO</i>  <i>Progetto Esecutivo</i> </p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

quanto non potrebbero recare alcun danno significativo alle opere, in senso strutturale, funzionale o estetico.

Fatte queste premesse, si ritiene che possano essere omesse le verifiche dei cedimenti.

### **3.6 Relazione di Calcolo delle Strutture**

Nel presente paragrafo *Relazione di Calcolo delle Strutture* vengono esposti il metodo di analisi, le caratteristiche dei materiali, i criteri di calcolo, le azioni di progetto agenti, i risultati dell'analisi strutturale e le verifiche di tipo strutturale relative alle opere oggetto del presente elaborato.

### **3.7 Fondazioni delle strutture prefabbricate – plinti a bicchiere**

Il calcolo che segue si riferisce alla verifica dei plinti di fondazione (PL-1) e delle travi porta pannello dell'Edificio Deposito Compost.

Per questioni di economicità e celerità esecutiva,





<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

### Azioni trasmesse della struttura prefabbricata

Per le azioni trasmesse dalle strutture prefabbricate alle opere qui in oggetto nella combinazione SLV - Sisma sono state utilizzate quelle fornite dal progettista delle strutture prefabbricate dell'edificio già esistente in prossimità e realizzato con un precedente intervento – **Terzo Lotto Primo Stralcio** – di caratteristiche dimensionali identiche a quello in argomento che vengono di seguito riportate.

<b>Reazioni Vincolari Sisma</b>						
<i>Nodo</i>	<i>Rx max</i> [daN]	<i>Rx min</i> [daN]	<i>Ry max</i> [daN]	<i>Ry min</i> [daN]	<i>Rz max</i> [daN]	<i>Rz min</i> [daN]
1	720,34	-720,34	838,97	-838,97	35.529,82	27.891,80
2	781,26	-781,26	839,20	-839,20	61.272,68	46.769,35
3	874,37	-874,37	839,37	-839,37	60.579,69	46.343,46
4	914,96	-914,96	839,49	-839,49	63.775,36	48.551,17
5	920,76	-920,76	839,52	-839,52	61.157,20	46.742,43
6	892,54	-892,54	839,49	-839,49	62.966,81	47.992,59
7	857,51	-857,51	839,37	-839,37	61.965,76	47.301,02
8	767,18	-767,18	839,19	-839,19	61.029,27	46.601,72
9	712,28	-712,28	838,96	-838,96	35.157,20	27.633,85
10	712,28	-712,28	838,96	-838,96	35.157,20	27.633,85

<i>Nodo</i>	<i>Mx max</i> [daN m]	<i>Mx min</i> [daN m]	<i>My max</i> [daN m]	<i>My min</i> [daN m]	<i>Mz max</i> [daN m]	<i>Mz min</i> [daN m]
1	6.711,26	-6.711,26	5.763,12	-5.763,12	0,00	0,00
2	6.713,06	-6.713,06	6.250,89	-6.250,89	0,00	0,00
3	6.714,47	-6.714,47	6.996,60	-6.996,60	0,00	0,00
4	6.715,44	-6.715,44	7.321,28	-7.321,28	0,00	0,00
5	6.715,66	-6.715,66	7.367,51	-7.367,51	0,00	0,00
6	6.715,40	-6.715,40	7.141,94	-7.141,94	0,00	0,00
7	6.714,47	-6.714,47	6.861,61	-6.861,61	0,00	0,00
8	6.712,98	-6.712,98	6.138,08	-6.138,08	0,00	0,00
9	6.711,15	-6.711,15	5.698,50	-5.698,50	0,00	0,00
10	6.711,15	-6.711,15	5.698,50	-5.698,50	0,00	0,00

Per la valutazione delle azioni orizzontali dal vento si è creato un modello di calcolo in base ai dati trasmessi dal medesimo prefabbricatore.

### 3.8 VERIFICHE PLINTO DI FONDAZIONE

#### MATERIALI

Acciaio: B450C

$E = 2060000 \text{ daN/cm}^2$ ,  $F_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{sd} = 3913 \text{ daN/cm}^2$

**Calcestruzzo: C25/30**

$R_{ck} = 300 \text{ daN/cm}^2$ ,  $E = 314470 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{cd} = 141,1 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{ctm} = 25,6 \text{ daN/cm}^2$ ,  $f_{ctd} = 11,9 \text{ daN/cm}^2$

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</i> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

### Sollecitazioni alla base del pilastro

Cmb.	Plin.	Tipo	Vx (daN)	Vy (daN)	N (daN)	Mx (daN cm)	My (daN cm)	T (daN cm)
2	PL-1	SLU A1 sism.	-892,0	-839,0	-63000,0	-6715,0	-7300,0	0,0
2	PL-1	SLU A1 sism.	920,0	840,0	-63000,0	6700,0	7300,0	0,0

### Sollecitazioni alla base della fondazione

Cmb.	Plin.	Tipo	Vx (daN)	Vy (daN)	N (daN)	Mx (daN cm)	My (daN cm)	T (daN cm)
2	PL-1	SLU A1 sism.	-892,0	-839,0	-72650,0	119135,0	-141100,0	0,0
2	PL-1	SLU A1 sism.	920,0	840,0	-72650,0	-119300,0	145300,0	0,0

Pressione sul terreno ai vertici della base (daN/cm<sup>2</sup>):

Cmb.	Plin.	Tipo	P1 (x=-110, y=110)	P2 (x=110, y=110)	P3 (x=110, y=-110)	P4 (x=-110, y=-110)	Note
2	PL-1	SLU A1 sism.	-1,35	-1,49	-1,65	-1,51	Tutta compressa
2	PL-1	SLU A1 sism.	-1,65	-1,52	-1,35	-1,49	Tutta compressa

**Pressione massima = -1,65 daN/cm<sup>2</sup> (Cmb. n. 2 Plinto PL-1)**

## VERIFICHE DEL PLINTO

### Verifica armatura dir. X

Il plinto risulta tozzo. perciò l'armatura inferiore sarà verificata con il metodo delle bielle.

Angolo di diffusione dello sforzo compressione nel plinto =  $\text{atn}(A) = \text{atn}((B/4-b/4)/H) = 40,4^\circ$

Lo sforzo di trazione verrà calcolato secondo la seguente relazione:

$$Rd = (N \tan(\alpha) + My / Sp_{\text{Plinto}}) / 2$$

$$\text{Armatura} = 16,08 \text{ cm}^2 \quad (8\emptyset 16)$$

### Sollecitazioni più gravose in cmb. n. 2, plinto PL-1

$$N = -63000,0 \text{ daN}, \quad My = 7300,0 \text{ daN cm}$$

$$Rd \text{ (sforzo di trazione)} = 26799,3 \text{ daN}$$

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</i> <i>Progetto Esecutivo</i>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

$R_u$  (sforzo di trazione ultimo) = 62941,13 daN,  $R_d/R_u = 0,426 < 1$  Ok

### Verifica armatura dir. Y

Il plinto risulta tozzo. perciò l'armatura inferiore sarà verificata con il metodo delle bielle.

Angolo di diffusione dello sforzo compressione nel plinto =  $\text{atn}(A) = \text{atn}((B/4-b/4)/H) = 40,4^\circ$

Lo sforzo di trazione verrà calcolato secondo la seguente relazione:

$$R_d = (N \tan(\alpha) + M_x / S_p \text{Plinto}) / 2$$

Armatura = 16,08 cmq ( 8Ø 16)

### Sollecitazioni più gravose in cmb. n. 2, plinto PL-1

$N = -63000,0$  daN,  $M_x = 6715,0$  daN cm

$R_d$  (sforzo di trazione) = 26797,4 daN,  $R_u$  (sforzo di trazione ultimo) = 62941,13 daN,  
 $R_d/R_u = 0,426 < 1$  Ok

### Punzonamento:

Non è stata eseguita la verifica a punzonamento, in quanto il perimetro critico risulta maggiore delle dimensioni della base del plinto.

### VERIFICHE DEL BICCHIERE D'ALLOGGIAMENTO DEL PILASTRO

(Verifiche ai sensi della normativa tecnica C.2.1.1 CNR 10025/84)

Dimensioni:

$H$  = altezza bicchiere = 100,0 cm

$LX \times LY$  = dimensioni esterne del bicchiere = 120,0 x 120,0 cm

$t$  = spessore del collo del bicchiere = 30,0 cm

Dimensioni pilastro = 50,0 x 50,0 cm

$t_f$  = Spessore soletta = 50,0 cm

Rapporto tra altezza bicchiere e lato pilastro corretto

Armature:

Armatura orizzontale (per lato):

$A_f$  = Area ferri della zona superiore = 1,1 cmq ( 1 St. Ø 12)

$A_{fi}$  = Area ferri della zona inferiore = 6,0 cmq ( 3 St. Ø 16)

Armatura verticale:

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO          DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</i> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

$A_v = \text{Area ferri delle zone d'angolo} = 8,0 \text{ cmq} (4 \text{ } \varnothing 16)$

$A_{vi} = \text{Area ferri delle zone interne} = 2,0 \text{ cmq} (1 \text{ St. } \varnothing 16)$

$C_f = \text{Copriferro bicchiere} = 3,0 \text{ cm}$

$\alpha = A_f / A_f = 1$

Verifiche con sollecitazione in direzione X:

Sollecitazione in Cmb. n. 2 del plinto n. 1000

$M_y = 7300,00 \text{ daN cm}$

$V_x = -920,00 \text{ daN}$

$N = -63000,00 \text{ daN}$

N.B. Le sollecitazioni M e V si intendono applicate all'estradosso del bicchiere

Verifica pareti trasversali al piano di sollecitazione

Resistenza di calcolo della zona superiore:

$F'_{rd} = 0.30 \text{ fcd} (LY - 2 t) H = 253980,00 \text{ daN}$

Forza orizzontale massima applicata alla zona superiore del bicchiere

$F'_{sd} = 3 (M_y / h + 11 V_x / 12) / 2 = 1374,51 \text{ daN}$

$F'_{sd} / F'_{rd} = 0,0054 < 1 \text{ Ok}$

Resistenza di calcolo della zona inferiore:

$F_{rd} = 0.5 N + 0.27 \text{ fcd} (Ly - 2 t) H = 260082,00 \text{ daN}$

Forza orizzontale massima applicata alla zona inferiore del bicchiere

$F_{sd} = 3 (M_y / h + V_x / 4) / 2 = 454,50 \text{ daN}$

$F_{sd} / F_{rd} = 0,0017 < 1 \text{ Ok}$

Verifica a flessione della parete del bicchiere:

Sezione resistente =  $t h / 3 = 30,0 \times 33,3 = 1000,0 \text{ cmq}$

Armatura estradosso =  $1,13 \text{ cmq} (1 \text{ } \varnothing 12)$

Armatura intradosso =  $1,13 \text{ cmq} (1 \text{ } \varnothing 12)$

Momento ultimo =  $116397,2 \text{ daN cm}$

Momento applicato =  $F'_{sd} (LY - 2 t) / 8 = 10308,8 \text{ daN cm}$

$S_d / S_u = 0,0886 < 1 \text{ Ok}$

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</i> <i>Progetto Esecutivo</i>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

Verifica pareti parallele al piano di sollecitazione:

$A_s$  = armature orizzontali dei bordi superiori in dir. X = 4,52 cmq ( 2 + 2 Ø 12)

$F'sd$  = sforzo di trazione = 1374,51 daN

$Nnsrd$  = sforzo di trazione ultimo delle 2 pareti =  $A_s f_{yk} / 1.15 = 17702,19$  daN

$F'sd / Nnsrd = 0,0776 < 1$  Ok

Le verifiche delle armature verticali e del calcestruzzo si ottengono con sollecitazioni scomposte secondo lo schema tirante-puntone:

$\beta$  = angolo d'inclinazione del puntone =  $\arctan[ ( 3 H / 4 ) / ( 0,85 LY - t / 2 ) ] = 0,7115$  rad

$A_{sv}$  = armature verticali dei 2 pilastri d'angolo = 16,08 cmq ( 2 x 4 Ø 16 )

$Nsd$  = sforzo di trazione in dir. vert. =  $F'sd \tan\beta = 1184,92$  daN

$Nsrdv$  = sforzo di trazione ultimo arm. vert. dei 2 pilastri = 62941,13 daN

$Nsd / Nsrdv = 0,0188 < 1$  Ok

$A_p$  = Area puntone =  $t [ 0.30 LY \sin\beta ] = 705,2$  cmq

$Ncrd$  = resist. ultima puntone =  $f_{cd} A_p = 99500,16$  daN

$Ncd$  = Sforzo di compressione =  $( F'sd / 2 ) / \cos\beta = 907,37$  daN

$Ncd / Ncrd = 0,0091 < 1$  Ok

Verifiche con sollecitazione in direzione Y:

Sollecitazione in Cmb. n.2 del plinto n.1000

$M_x = 6700,00$  daN cm

$V_y = 840,00$  daN

$N = -63000,00$  daN

N.B. Le sollecitazioni M e V si intendono applicate all'estradosso del bicchiere

Verifica pareti trasversali al piano di sollecitazione

Resistenza di calcolo della zona superiore:

$F'rd = 0.30 f_{cd} ( L_x - 2 t ) H = 253980,00$  daN

Forza orizzontale massima applicata alla zona superiore del bicchiere

$F'sd = 3 ( M_x / h + 11 V_y / 12 ) / 2 = 1255,50$  daN

$F'sd / F'rd = 0,0049 < 1$  Ok

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO          DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <i>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</i> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Resistenza di calcolo della zona inferiore:

$$Frd = 0.5 N + 0.27 fcd ( Lx - 2 t ) H = 260082,00 \text{ daN}$$

Forza orizzontale massima applicata alla zona inferiore del bicchiere

$$Fsd = 3 ( Mx / h + Vy / 4 ) / 2 = 415,50 \text{ daN}$$

$$Fsd/Frd = 0,0016 < 1 \text{ Ok}$$

Verifica a flessione della parete del bicchiere:

$$\text{Sezione resistente} = t h / 3 = 30,0 \times 33,3 = 1000,0 \text{ cmq}$$

$$\text{Armatura estradosso} = 1,13 \text{ cmq } ( 1 \text{ } \varnothing 12)$$

$$\text{Armatura intradosso} = 1,13 \text{ cmq } ( 1 \text{ } \varnothing 12)$$

$$\text{Momento ultimo} = 116397,2 \text{ daN cm}$$

$$\text{Momento applicato} = F'sd ( LX - 2 t ) / 8 = 9416,3 \text{ daN cm}$$

$$Sd / Su = 0,0809 < 1 \text{ Ok}$$

Verifica pareti parallele al piano di sollecitazione:

$$As = \text{armature orizzontali dei bordi superiori in dir. Y} = 4,52 \text{ cmq } ( 2 + 2 \text{ } \varnothing 12)$$

$$F'sd = \text{sforzo di trazione} = 1255,50 \text{ daN}$$

$$Nnsrd = \text{sforzo di trazione ultimo delle 2 pareti} = As fyk / 1.15 = 17702,19 \text{ daN}$$

$$F'sd / Nnsrd = 0,0709 < 1 \text{ Ok}$$

Le verifiche delle armature verticali e del calcestruzzo si ottengono con sollecitazioni scomposte secondo lo schema tirante-puntone:

$$\beta = \text{angolo d'inclinazione del puntone} = \arctan[ ( 3 H / 4 ) / ( 0,85 LX - t / 2 ) ] = 0,7115 \text{ rad}$$

$$Asv = \text{armature verticali dei 2 pilastri d'angolo} = 16,08 \text{ cmq } ( 2 \times 4 \text{ } \varnothing 16 )$$

$$Nsd = \text{sforzo di trazione in dir. vert.} = F'sd \tan\beta = 1082,33 \text{ daN}$$

$$Nsrdiv = \text{sforzo di trazione ultimo arm. vert. dei 2 pilastri} = 62941,13 \text{ daN}$$

$$Nsd / Nsrdiv = 0,0172 < 1 \text{ Ok}$$

$$Ap = \text{Area puntone} = t [ 0.30 LX \text{ sen}\beta ] = 705,2 \text{ cmq}$$

$$Ncrd = \text{resist. ultima puntone} = fcd Ap = 99500,16 \text{ daN}$$

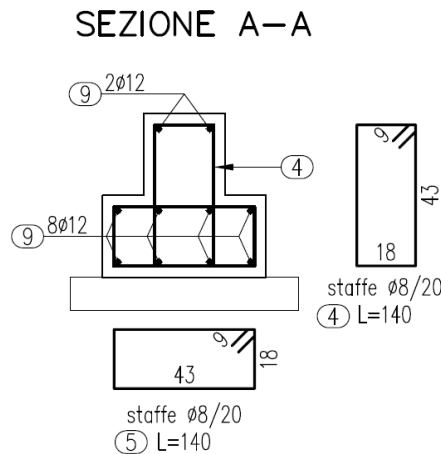
$$Ncd = \text{Sforzo di compressione} = ( F'sd / 2 ) / \cos\beta = 828,81 \text{ daN}$$

$$Ncd / Ncrd = 0,0083 < 1 \text{ Ok}$$

<b>Lavoro:</b>	<p style="text-align: center;"> <b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b>  <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b>  <i>Progetto Esecutivo</i> </p>	
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone	

### 3.9 TRAVI PORTA-PANNELLI

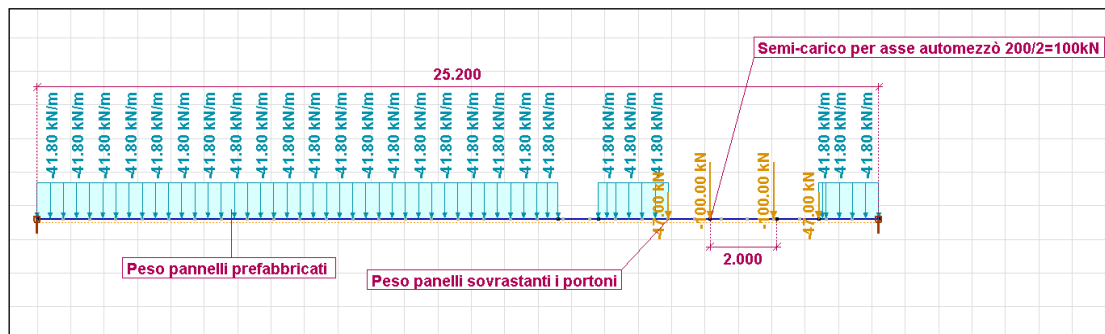
Le travi porta-pannelli presentano sempre la sezione di armatura riportata di seguito.



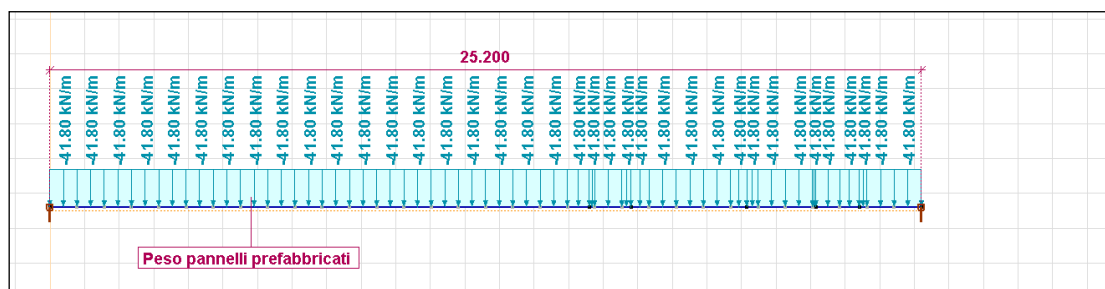
La modellazione è stata condotta rappresentando le travi di fondazione come elementi tipo trave.

- **Schemi di calcolo:**

#### Caso 1



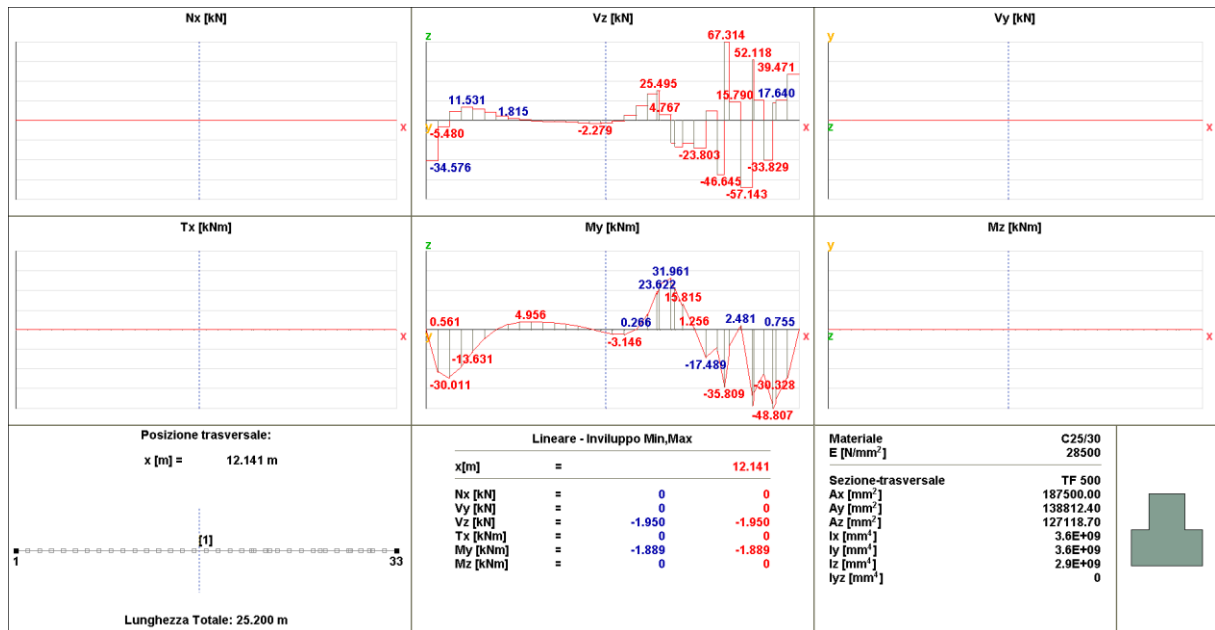
#### Caso 2



Sollecitazioni di calcolo:



<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> Progetto Esecutivo
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone



[1], Lineare, Involuppo, Sollecitazioni aste

### Verifiche a flessione

$M_{Sd \max \text{ inf.}} = 48.81 \text{ kNm}$  ;

$M_{Sd \max \text{ sup.}} = 31.96 \text{ kNm}$  ;

$V_{Sd \max} = 67.31 \text{ kNm}$  ;

**Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave Porta pannelli**

File | Materiali | Opzioni | Visualizza | Progetto Sez. Rett. | Sismica | Normativa: NTC 2008

**Titolo:** \_\_\_\_\_

N° Vertici: 8 | Zoom | N° barre: 10 | Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
4	37.5	25
5	37.5	50
6	12.5	50
7	12.5	25
8	0	25

N°	As [cm]	x [cm]	y [cm]
1	1.13	5	5
2	1.13	17.5	5
3	1.13	32.5	5
4	1.13	45	5
5	1.13	5	20
6	1.13	17.5	20
7	1.13	32.5	20
8	1.13	45	20
9	1.13	17.5	45
10	1.13	32.5	45

**Sollecitazioni**  
S.L.U. | Metodo n

$N_{Ed}$  0 kN  
 $M_{xEd}$  0 kNm  
 $M_{yEd}$  0 kNm

**Materiali**  
C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s$  200,000 N/mm<sup>2</sup>  
 $E_s/E_c$  15  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  
 $C_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $f_{cd}$  14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $C_{c,adm}$  9.75  
 $\tau_{c0}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

**Sezione**  
Tipo Sezione:  Rettan.re  Trapezi  a T  Circolare  Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  Metodo n

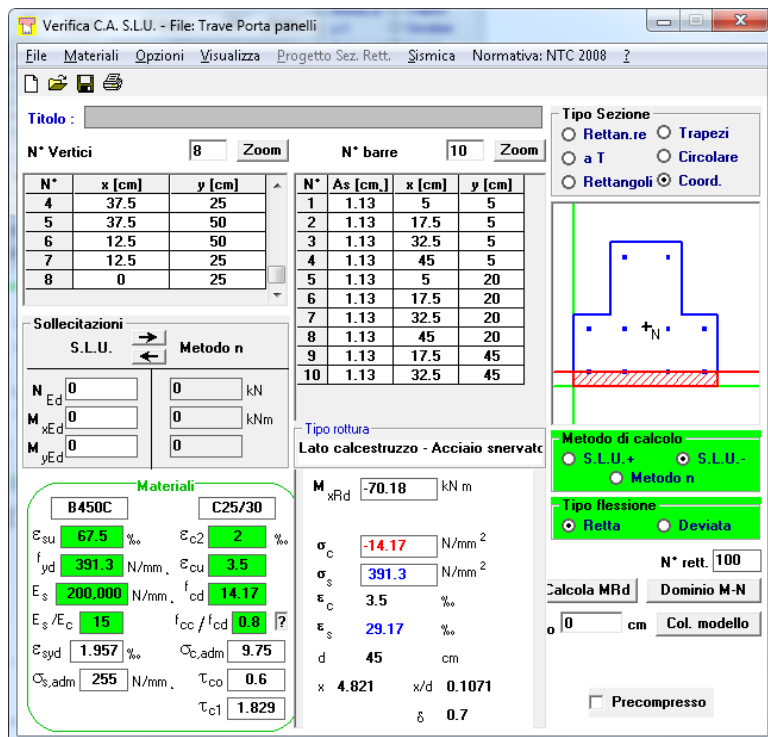
**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

$M_{xRd}$  117.7 kNm  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  12.79 ‰  
d 45 cm  
x 9.667 x/d 0.2148  
 $\delta$  0.7085

Calcola MRd | Dominio M-N  
0 cm | Col. modello  
 Precompresso

$M_{Rd \text{ inf.}} = 117.7 \text{ kNm} > M_{Sd \max \text{ inf.}} = 48.81 \text{ kNm}$  ;

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> Progetto Esecutivo
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone



$$M_{Rd \text{ sup.}} = 70.18 \text{ kNm} > M_{Sd \text{ max sup.}} = 31.96 \text{ kNm} ;$$

## Verifiche a taglio

Per le condizioni *statiche*, corrispondenti alle combinazioni  $SLU_{ST}$ , si considera il meccanismo a traliccio ad inclinazione variabile, mentre per le condizioni *sismiche*, per le quali potrebbe determinarsi un quadro fessurativo secondo entrambe le diagonali, si ritiene opportuno e cautelativo considerare un meccanismo a traliccio con diagonali inclinate di  $45^\circ$  senza considerare alcun contributo del calcestruzzo.

Per le verifiche degli elementi qui in oggetto sono stati utilizzati fogli di calcolo approntati dallo scrivente, nei quali è ricostruibile l'intero processo di calcolo.

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

Indice	Descrizione	Formule	Valore U.M.						
<b>1</b>	<b>Verifiche a Taglio Travi Porta-Panelli</b>								
<b>1.1</b>	<b>Caratteristiche dell'elemento</b>								
	<b>SEZIONE A-A</b> 								
<b>1.1.1</b>	<b>Dimensioni delle sezioni:</b> Dimensioni rilevanti per le verifiche del taglio :	$b_w =$ $h_w =$ $d =$	<b>25 cm</b> <b>50 cm</b> <b>45 cm</b>						
<b>1.1.2</b>	<b>Carichi :</b>								
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Combinazione di carico</th> <th><math>N_{sd}</math> [kN]</th> <th><math>V_{sd}</math> [kN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Caso 1</td> <td style="background-color: #d9ead3;">0.00</td> <td style="background-color: #d9ead3;">67.31</td> </tr> </tbody> </table>	Combinazione di carico	$N_{sd}$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]	Caso 1	0.00	67.31		
Combinazione di carico	$N_{sd}$ [kN]	$V_{sd}$ [kN]							
Caso 1	0.00	67.31							
<b>1.2</b>	<b>Caratteristiche materiali :</b>								
<b>1.2.1</b>	<b>Caratteristiche Calcestruzzo:</b>								
	Classe di resistenza :		<b>C25/30</b>						
	Resistenza caratt. :	$R_{ck} =$	<b>30 N/mm<sup>2</sup></b>						
	Coeff. di sicurezza :	$\gamma_c =$	<b>1.50</b>						
	Coeff. di sic. addizionale per compressione centrata:	$\eta_{cc} =$	<b>1.25</b>						
	Coeff. riduttivo per rottura a termine :	$\beta =$	<b>0.85</b>						
	<b>Resistenze di calcolo:</b>								
	Res. caratt. a compressione:	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	<b>24.9 N/mm<sup>2</sup></b>						
	Res. a compressione di calcolo:	$f_{cd} = \beta \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>14.11 N/mm<sup>2</sup></b>						
<b>1.2.2</b>	<b>Acciaio per cemento armato:</b>								
	Classe dell'acciaio :		<b>B450C</b>						
	Coeff. di sicurezza :	$\gamma_s =$	<b>1.15</b>						
	<b>Resistenze di calcolo:</b>								
	Tensione caratt. di snervamento:	$f_{yk} =$	<b>450 N/mm<sup>2</sup></b>						
	Resistenza di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	<b>391 N/mm<sup>2</sup></b>						

<b>Lavoro:</b>	<b>IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI SOLIDI URBANI E VALORIZZAZIONE DELLA RACCOLTA DIFFERENZIATA A SERVIZIO DELL'AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE DELLA PROVINCIA DI ORISTANO</b> <b>3° Lotto Funzionale - 3° Stralcio - 1° SUB STRALCIO</b> <i>Progetto Esecutivo</i>
<b>Elaborato:</b>	Relazione di calcolo delle Fondazioni in c.a. gettato in opera del Capannone

<b>1.3</b>	<b>Armature resistenti per le verifiche a taglio :</b> Diametro, numero bracci, passo medio, inclinazione, area resistente e rapporto di armatura :																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">Armature resistenti a taglio</th> <th style="width: 10%;"><math>\Phi_{wi}</math></th> <th style="width: 10%;"><math>n_{brwi}</math></th> <th style="width: 10%;"><math>s_{wi}</math></th> <th style="width: 10%;"><math>\alpha_{wi}</math></th> <th></th> </tr> <tr> <td></td> <td>[mm]</td> <td></td> <td>[cm]</td> <td>[deg]</td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="color: blue;"><b>1 - stafe - 2 bracci Ø8/20</b></td> <td style="background-color: #d9ead3;">8</td> <td style="background-color: #d9ead3;">2</td> <td style="background-color: #d9ead3;">20</td> <td style="background-color: #d9ead3;">90</td> <td><math>A_{sw1} =</math></td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td style="text-align: right;"><math>\rho_w = \Sigma(A_{swi} \cdot \sin(\alpha_{wi}) / b_w \cdot s_{wi}) =</math></td> </tr> </tbody> </table>	Armature resistenti a taglio	$\Phi_{wi}$	$n_{brwi}$	$s_{wi}$	$\alpha_{wi}$			[mm]		[cm]	[deg]		<b>1 - stafe - 2 bracci Ø8/20</b>	8	2	20	90	$A_{sw1} =$						$\rho_w = \Sigma(A_{swi} \cdot \sin(\alpha_{wi}) / b_w \cdot s_{wi}) =$	$1.01 \text{ cm}^2$  $0.00201$
Armature resistenti a taglio	$\Phi_{wi}$	$n_{brwi}$	$s_{wi}$	$\alpha_{wi}$																						
	[mm]		[cm]	[deg]																						
<b>1 - stafe - 2 bracci Ø8/20</b>	8	2	20	90	$A_{sw1} =$																					
					$\rho_w = \Sigma(A_{swi} \cdot \sin(\alpha_{wi}) / b_w \cdot s_{wi}) =$																					
<b>1.4</b>	<b>Verifiche di resistenza:</b>																									
1.4.1	<b>Resistenza a Taglio:</b> Resistenze di calcolo e verifiche: <b>Sollecitazioni di calcolo :</b> <span style="color: red;">vedi: § 1.1.2</span>																									
↕	<b>Caso 1</b>	$N_{Sd} =$ <b>0.00 kN</b> $V_{Sd} =$ <b>67.31 kN</b>																								
	<b>Resistenza meccanismo a traliccio :</b> Espressioni di calcolo del taglio resistente : Coefficiente maggiorativo: <span style="color: red;">1 - per membrane non compresse</span> $\alpha_c =$ <b>1</b> Inclinazione dei puntoni in cls compressi : $\theta_{mas}$ <span style="color: red;">(cautelativamente)</span> $\theta =$ <b>45 deg</b>																									
	*Collasso per compressione diagonale dell'anima (schiacciamento) : $V_{Rdc} = 0.9 \cdot 0.5 \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \cdot 1 \cdot [1/\tan(\alpha_{wi}) + 1/\tan(\theta)] / [1 + (1/\tan(\theta)^2)] =$	<b>357.16 kN</b>																								
	*Collasso per trazione diagonale dell'anima (snervamento armature a taglio) : $V_{Rds} = \Sigma[(A_{swi}/s_{wi}) \cdot 0.9 \cdot f_{yd} \cdot d \cdot [1/\tan(\alpha_{wi}) + 1/\tan(\theta)] \cdot \sin(\alpha_{wi})] =$	<b>79.66 kN</b>																								
	<b>* Resistenza a taglio di calcolo:</b> $V_{Rd} = \min(V_{Rdc}, V_{Rds}) =$	<b>79.66 kN</b>																								
	<b>Verifica:</b> $L_{soll} = V_{1sd}/V_{1Rd} =$	<b>0.84 &lt; 1</b> <b>verifica</b> <b>soddisfatta</b>																								
	$F_s = 1 / L_{soll} =$	<b>1.18 &gt; 1</b> <b>verifica</b> <b>soddisfatta</b>																								