

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 7: CABINA TE DI AMBIVERE MAPELLO

SSE di Ambivere/Mapello

Relazione di calcolo fondazioni

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N B 1 R 0 7 D 2 6 C L F A 0 5 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Serrau 	Marzo 2020	A. Maran 	Marzo 2020	M. Berlingieri 	Marzo 2020	A. Perego  

File: NB1R07D26CLFA0500001A

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI .....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	6
3.1	CALCESTRUZZO .....	6
3.2	ACCIAIO.....	6
4	GEOMETRIA.....	7
5	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO .....	9
5.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA DI FONDAZIONE .....	9
5.2	PESO PROPRIO SOVRASTRUTTURA .....	9
5.3	CARICO ACCIDENTALE .....	9
6	COMBINAZIONI DI CARICO .....	10
7	PRESSIONE ESERCITATA SUL TERRENO DI FONDAZIONE .....	12
7.1	FONDAZIONE CONTAINER SINGOLO (CONTAINER SUD) .....	12
7.1	FONDAZIONE CONTAINER RETTANGOLARI (CONTAINER NORD) .....	14
8	INCIDENZE.....	16

## 1 PREMESSA

La sottostazione elettrica di Ambivere Mapello consta di un'area da recintare, all'interno di un piazzale esistente, nella quale devono essere collocati dei prefabbricati che ospiteranno gli apparati tecnologici.

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento delle fondazioni sui quali andranno appoggiati i container posti nella zona centrale dell'area.

In totale i container prefabbricati sono tre: uno con dimensioni in pianta 9.00x8.70m con basamento proprio (container sud) e due rettangolari con dimensioni in pianta 12.00x2.90m che avranno un basamento unico (container nord).



Figure 1-1: inquadramento area in oggetto

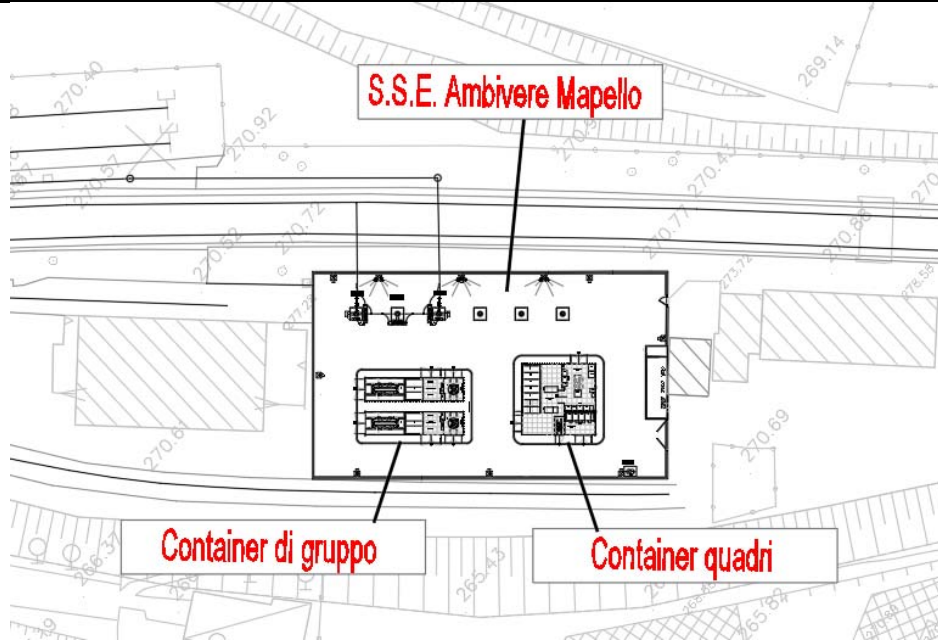


Figure 1-2: planimetria ubicazione impianto

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 Normativa e istruzioni

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- D.M. del 17.01.2018 “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2018);
- Circolare del 21.01.2019 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 17.01.2018;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”.
- EN 1997-1 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali”.
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 2 – “Ponti e strutture” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 3 – “Corpo stradale” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – “Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili”.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle fondazioni sono descritti in seguito.

#### 3.1 Calcestruzzo

##### Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ MPa}$

Modulo elastico  $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2

Condizioni ambientali: ordinarie

Calcestruzzo tipo G

Copriferro minimo = 40mm

#### 3.2 Acciaio

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	<b>B450C</b>
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$ .

## 4 GEOMETRIA

In funzione del carico trasmesso dalla sovrastruttura si decide di utilizzare fondazioni superficiali costituite da travi a T rovescia aventi le dimensioni seguenti:

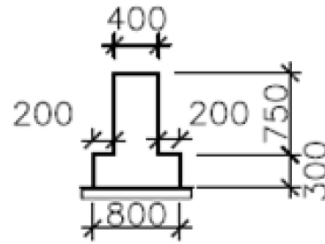


Figure 4-1: sezione trasversale trave di fondazione

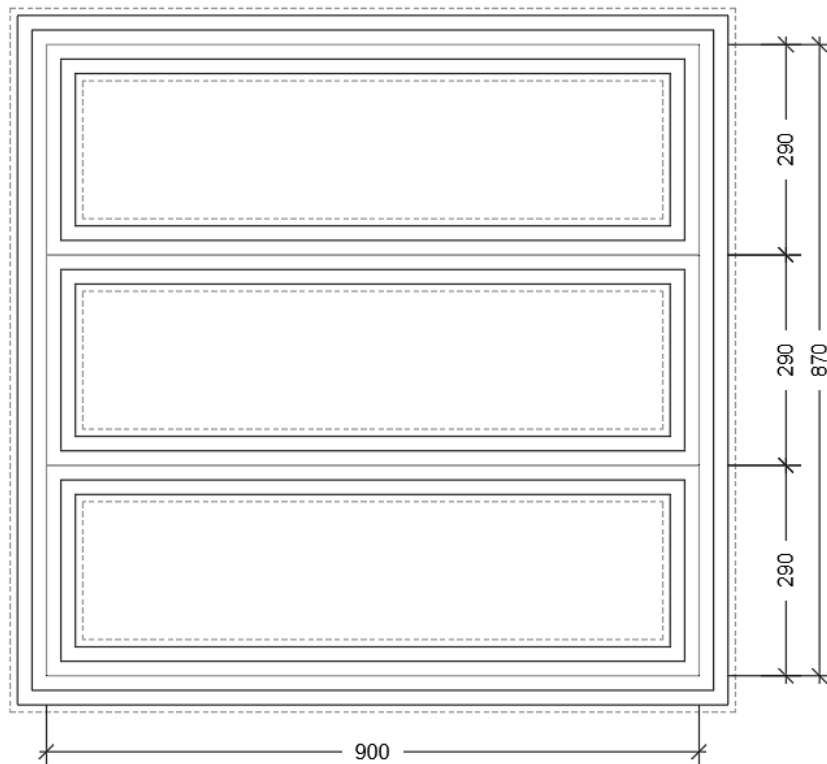


Figure 4-2: sistema di fondazione container quadri (container SUD)

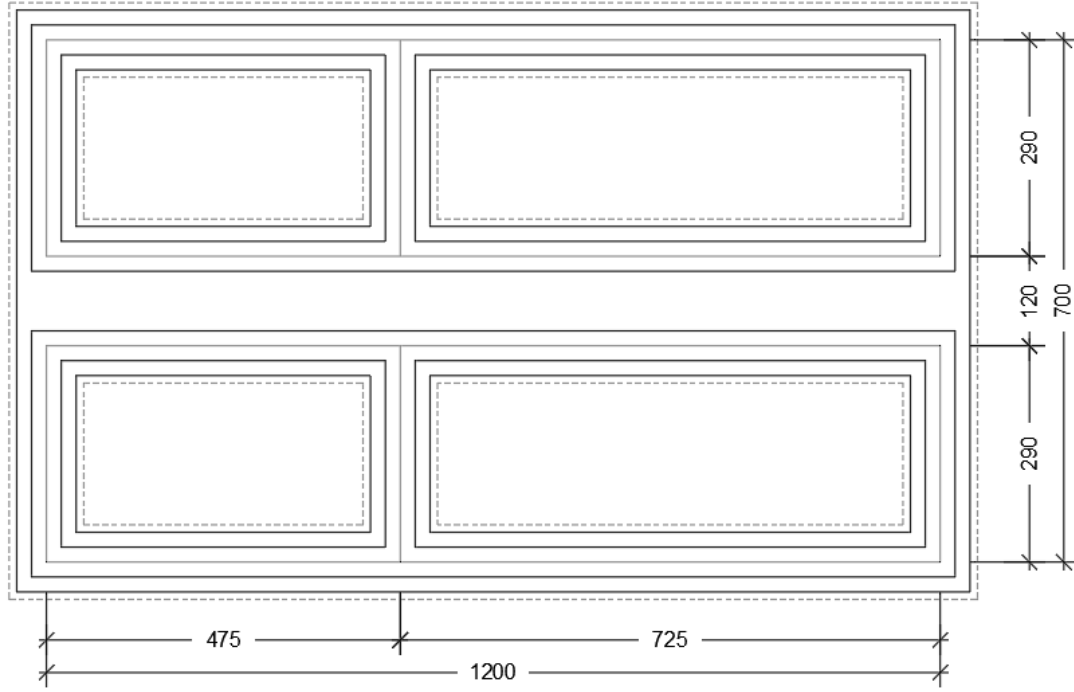


Figure 4-3: sistema di fondazione container di gruppo (container NORD)



## 5 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Si riportano di seguito i carichi definiti per le analisi.

### 5.1 Peso proprio della struttura di fondazione

Il peso proprio delle travi di fondazione viene calcolato considerando per il c.a.  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ .

### 5.2 Peso proprio sovrastruttura

Per il container singolo si considera un peso proprio, complessivo delle apparecchiature interne, pari a 15t.

Per i due container rettangolari si considera un peso proprio, complessivo delle apparecchiature interne, pari a 20t ciascuno.

### 5.3 Carico accidentale

Si considera un valore del sovraccarico accidentale pari a  $2 \text{ kN/m}^2$ .

## 6 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle azioni elementari precedentemente illustrate sono state definite le combinazioni di carico.

Le combinazioni di carico prese in considerazione sono state definite in base a quanto prescritto dalle NTC-2018 al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots;$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots$$

Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} \dots$$

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qk}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

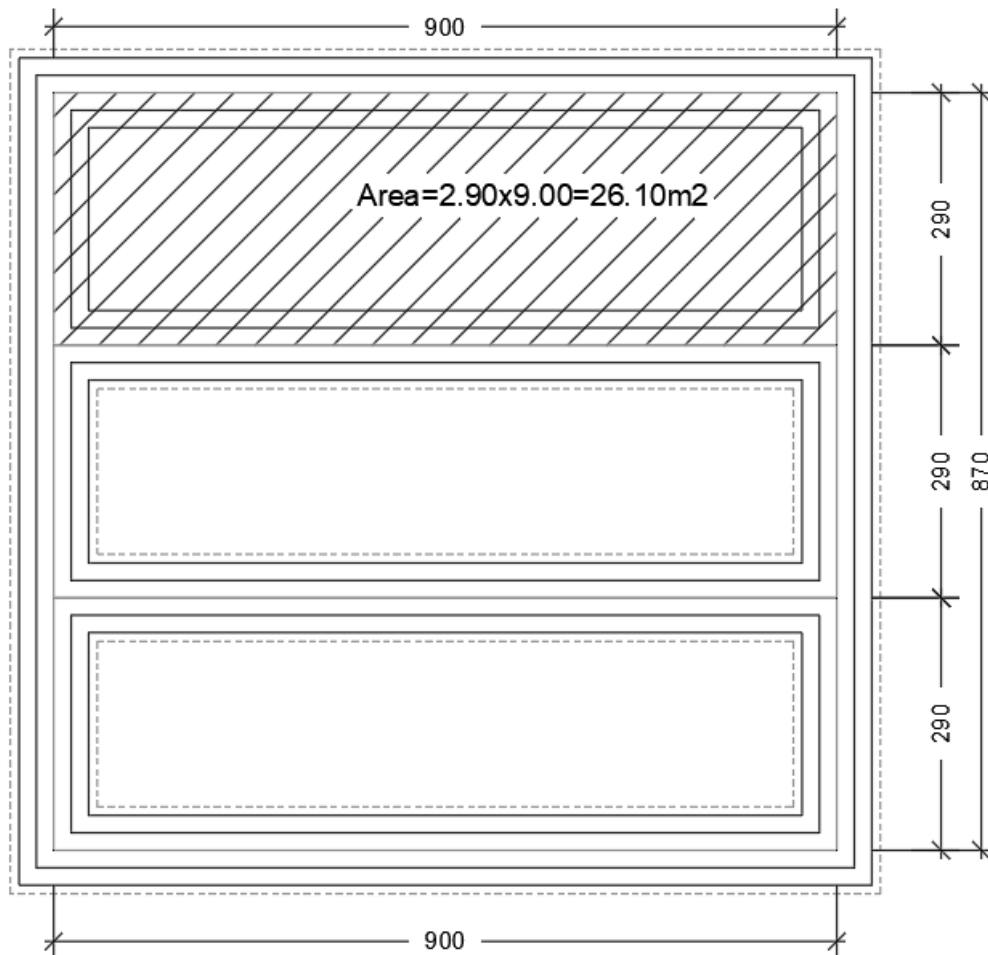
Tabella 6.2: coefficienti di combinazione

## 7 PRESSIONE ESERCITATA SUL TERRENO DI FONDAZIONE

In funzione dei carichi precedentemente descritti, verrà ora valutata la pressione esercitata sul terreno di fondazione secondo l'approccio progettuale 2 (A1+M1+R3).

### 7.1 Fondazione container singolo (container SUD)

Il peso totale del container è pari a 15t. Al fine di determinare la pressione esercitata sul terreno di fondazione, si ipotizza a favore di sicurezza, che tale peso sia distribuito su un'area afferente a due sole travi di fondazione come di seguito indicato:



Il peso del container sulla singola trave di luce 9.00m vale:

$$\frac{15000}{2 \cdot 9.00} = 833 \left[ \frac{kg}{m} \right] = 8.33 \left[ \frac{kg}{cm} \right]$$

Moltiplicando per il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_{G2}=1.50$  e dividendo per la larghezza della trave  $b=80\text{cm}$ , la pressione sul terreno al di sotto della singola trave per effetto del peso del container vale:

$$1.50 \cdot \frac{8.33}{80} = 0.156 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Per effetto del peso proprio della trave si ha:

$$A_{\text{trave}} \cdot \gamma_{\text{cis}} = 5400 [\text{cm}^2] \cdot 0.0025 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right] = 13.50 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

Moltiplicando per il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_{G1}=1.30$  e dividendo per la larghezza della trave  $b=80\text{cm}$ , la pressione sul terreno al di sotto della singola trave per effetto del suo peso vale:

$$1.30 \cdot \frac{13.50}{80} = 0.219 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Per effetto del carico accidentale si ha:

$$2.00 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \cdot 9.00 [\text{m}] \cdot 2.90 [\text{m}] = 5220 [\text{kg}]$$

Sulla singola trave si ha:

$$\frac{5220}{2 \cdot 9.00} = 290 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right] = 2.90 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

Moltiplicando per il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_Q=1.50$  e dividendo per la larghezza della trave  $b=80\text{cm}$ , la pressione sul terreno al disotto della singola trave per effetto del carico accidentale vale:

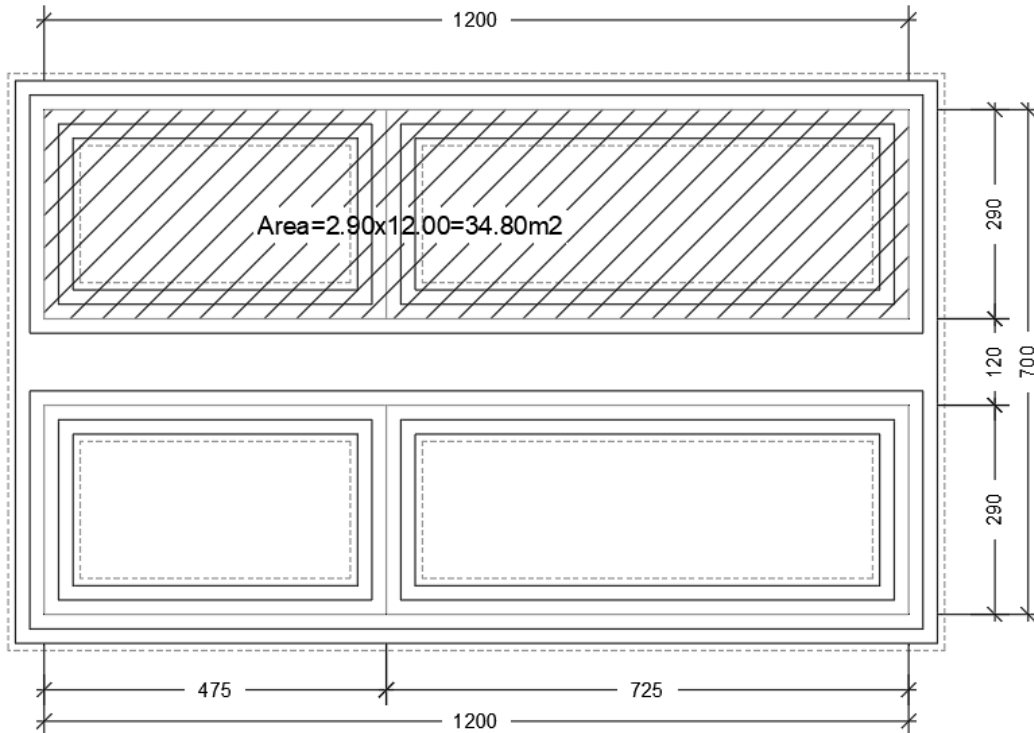
$$1.50 \cdot \frac{2.90}{80} = 0.054 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Complessivamente, la pressione esercitata sul terreno al di sotto della singola trave sarà pari a:

$$0.156 + 0.219 + 0.054 = 0.43 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

## 7.2 Fondazione container rettangolari (container NORD)

Analogo discorso vale per i container di gruppo il cui peso per singolo container è di 20t. Si ipotizza che tale peso si distribuisca su un'area afferente a due sole travi di fondazione come di seguito indicato:



Dal momento che i rapporti tra le dimensioni geometriche ( $12.00/9.00=1.33$ ) e i carichi ( $20/15=1.33$ ) sono uguali tra il container Nord e il container SUD, i risultati ottenuti saranno analoghi, come di seguito dimostrato:

Il peso del container sulla singola trave di luce 12.00m vale:

$$\frac{20000}{2 \cdot 12.00} = 833 \left[ \frac{kg}{m} \right] = 8.33 \left[ \frac{kg}{cm} \right]$$

Moltiplicando per il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_{G2}=1.50$  e dividendo per la larghezza della trave  $b=80cm$ , la pressione sul terreno al disotto della singola trave per effetto del peso del container vale:

$$1.50 \cdot \frac{8.33}{80} = 0.156 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

Per effetto del peso proprio della trave si ha:

$$A_{trave} \cdot \gamma_{cis} = 5400 \left[ cm^2 \right] \cdot 0.0025 \left[ \frac{kg}{cm^3} \right] = 13.50 \left[ \frac{kg}{cm} \right]$$

Moltiplicando per il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_{G1}=1.30$  e dividendo per la larghezza della trave  $b=80\text{cm}$ , la pressione sul terreno al disotto della singola trave per effetto del suo peso vale:

$$1.30 \cdot \frac{13.50}{80} = 0.219 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Per effetto del carico accidentale si ha:

$$2.00 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \cdot 12.00[\text{m}] \cdot 2.90[\text{m}] = 6960 [\text{kg}]$$

Sulla singola trave si ha:

$$\frac{6960}{2 \cdot 12.00} = 290 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right] = 2.90 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right]$$

Moltiplicando per il coefficiente parziale per le azioni  $\gamma_Q=1.50$  e dividendo per la larghezza della trave  $b=80\text{cm}$ , la pressione sul terreno al disotto della singola trave per effetto del carico accidentale vale:

$$1.50 \cdot \frac{2.90}{80} = 0.054 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Complessivamente, la pressione esercitata sul terreno sarà pari a:

$$0.156 + 0.219 + 0.054 = 0.43 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

In entrambi i casi si può quindi concludere dicendo che la pressione esercitata sul terreno risulta essere molto bassa in quanto inferiore al chilo su centimetro quadro e quindi il valore si ritiene accettabile, sia con riferimento alla capacità portante che alla limitazione delle deformazioni del terreno.

## 8 INCIDENZE

Per le travi di fondazione in oggetto, il valore dell'incidenza è pari a 80 kg/m3.