

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

FA01 - Basamento shelter GA02

Relazione di calcolo strutturale

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 7 8 C L F A 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L. Sbrenna	LUGLIO 2019	R. Oscurato	LUGLIO 2019	F.GERNONE <i>F. Gernone</i>	LUGLIO 2019	D.TIBERTI LUGLIO 2019 <i>D. Tiberti</i>

Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10879

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 2 DI 27

Indice

2	PREMESSA	3
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	4
4.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	4
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
5.1	CEMENTO ARMATO.....	5
5.1.1	CALCESTRUZZO.....	5
5.1.2	ACCIAIO D'ARMATURA IN BARRE TONDE AD ADERENZA MIGLIORATA	6
5.1.3	COPRIFERRO	7
6	TERRENO DI FONDAZIONE.....	8
7	ANALISI DEI CARICHI	8
7.1	PESO PROPRIO STRUTTURE	9
7.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI.....	10
7.3	SOVRACCARICO ACCIDENTALE	11
7.4	AZIONE DELLA NEVE	11
7.5	AZIONE DEL VENTO	12
8	COMBINAZIONI DI CALCOLO.....	15
9	VERIFICHE STRUTTURALI	16
10	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE.....	23

2 PREMESSA

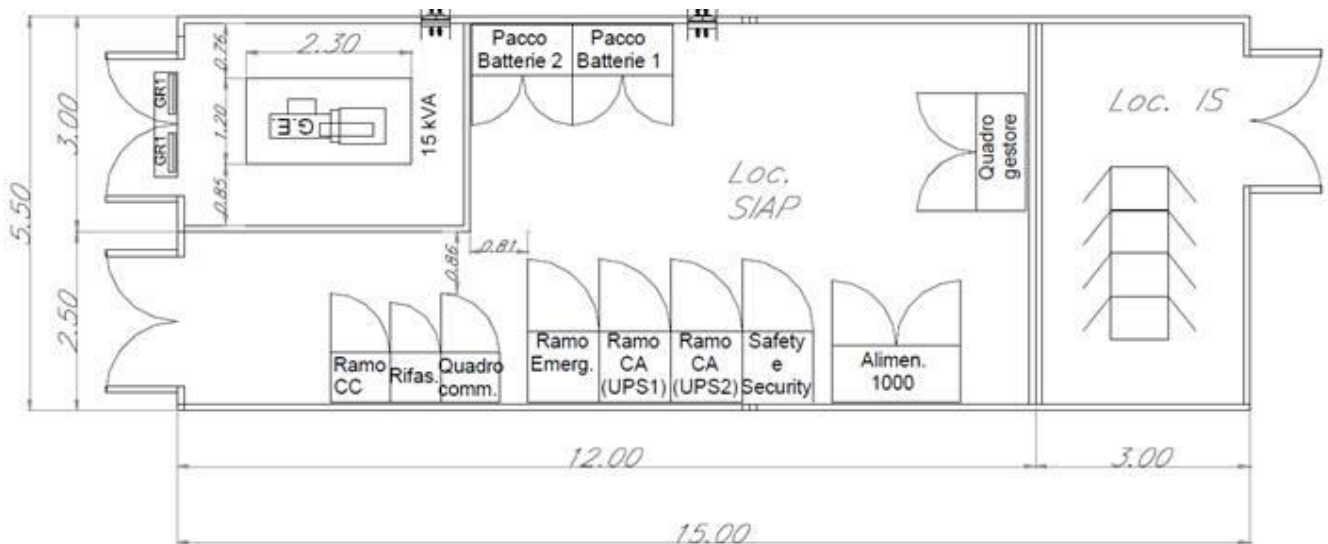
Il presente documento è emesso nell'ambito dello sviluppo della Progettazione Definitiva della nuova linea Ferrandina-Matera La Martella, la cui attivazione consente il collegamento della città di Matera alla rete ferroviaria nazionale, in particolare con Salerno, per l'accesso al sistema AV/AC, e con Taranto, attraverso la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto-Taranto.

Allo scopo di ospitare le tecnologie di linea si prevede l'inserimento di uno shelter GA (denominato GA2) sul Ramo A, posizionato tra la linea ferroviaria e la strada Provinciale Basentana.

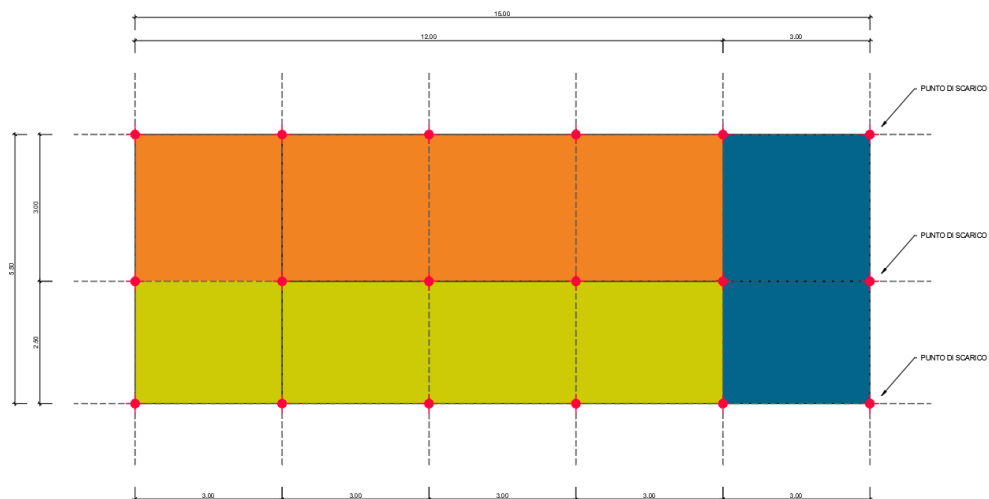
Oggetto della presente Relazione di calcolo è il predimensionamento del basamento di fondazione dello shelter, per il quale è stato implementato un modello di calcolo con l'ausilio del programma di calcolo SAP2000 schematizzando il basamento con elementi tipo *shell*.

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Lo shelter GA2 è una struttura prefabbricata che ha dimensioni complessive di 15.00 m x 5.50 m ed è assemblato considerando due moduli "standard" affiancati di dimensioni rispettivamente 12.00 m x 2.50m e 12.00 m x 3.00 m, e aggiungendo "in verticale" un modulo 3.00 m x 5.50 m.



RIPARTIZIONE PLANIMETRICA DEI MODULI
Scala 1:50



Il basamento di fondazione oggetto della presente ha dimensioni in pianta 15.50 m x 6.00 m ed altezza 40 cm.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 4 DI 27

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

4.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Rif. [1] - Aggiornamento delle nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17/01/2018
- Rif. [2] - Circolare n. 7 del 21 febbraio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili – RFIDTCSIPSMAIFS001C

4.2 DOCUMENTI CORRELATI

I documenti correlati sono:

- Rif. [4] FA01 - Basamento shelter GA02-Carpenteria fondazione IA5F 01 D 78 BB FA 0 1 00 001

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 5 DI 27

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 CEMENTO ARMATO

5.1.1 Calcestruzzo

Si riportano di seguito due tabelle riepilogative del tipo e delle caratteristiche del calcestruzzo adottato.

	Fondazioni
Classe di resistenza	C25/30
Classe di esposizione	XC2
Condizioni ambientali	ordinarie
Rapporto acqua/cemento	0,60

		Fondazioni
R _{ck}	(N/mm ²)	30
f _{ck}	(N/mm ²)	25
f _{cm}	(N/mm ²)	33
α _{cc}	(-)	0,85
γ _c	(-)	1,5
f _{cd}	(N/mm ²)	14,17
f _{ctm}	(N/mm ²)	2,56
f _{ctk}	(N/mm ²)	1,79
f _{ctd}	(N/mm ²)	1,19
f _{cfm}	(N/mm ²)	3,07
f _{cfk}	(N/mm ²)	2,15
E _c	(N/mm ²)	31476

Dove:

R_{ck} = Resistenza cubica caratteristica a compressione

f_{ck} = 0.83 · R_{ck} = Resistenza cilindrica caratteristica

f_{cm} = f_{ck} + 8 (N/mm²) = Resistenza cilindrica media a compressione

α_{cc} = Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli: α_{cc} (t > 28gg) = 0.85

γ_c = 1.5; viene ridotto a 1.4 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10%.

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$ = Resistenza di calcolo a compressione

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA0100 001	REV. A	FOGLIO 6 DI 27

$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3}$ [per classi \leq C50/60] = Resistenza cilindrica media a trazione

$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm}$ = Resistenza cilindrica caratteristica a trazione

$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$ = Resistenza di calcolo a trazione

$f_{cfm} = 1.2 \cdot f_{ctm}$ = Resistenza media a trazione per flessione

$f_{cfk} = 0.7 \cdot f_{cfm}$ = Resistenza cilindrica caratteristica a trazione

$E_{cm} = 22000 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$ = Modulo Elastico

Coefficiente di Poisson:

Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2018, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

Coefficiente di dilatazione termica:

In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valore medio pari a $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (NTC2018 – 11.2.10.5).

5.1.2 Acciaio d'armatura in barre tonde ad aderenza migliorata

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC2018, per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

Resistenza a trazione – compressione:

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ = Resistenza caratteristica di rottura

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ = Resistenza caratteristica a snervamento

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391.3 \text{ N/mm}^2$ = Resistenza di calcolo

dove:

$\gamma_s = 1.15$ = Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio.

Modulo Elastico:

$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo:

		Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
f_{bk}	(N/mm ²)	4.36	4,36	4,36
f_{bd}	(N/mm ²)	2.90	2,90	2,90

dove:

$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$ = Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza

$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c}$ = Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo

$\eta = 1.0$ – per barre di diametro $\Phi \leq 32 \text{ mm}$;

$\gamma_c = 1.5$ – Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL FA0100 001	DOCUMENTO 	REV. A 	FOGLIO 7 DI 27

5.1.3 Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.01.2019, n. 7 C.S.LL.PP, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori riportati nella tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riportano di seguito i copriferri adottati, determinati in funzione della classe del cls e delle condizioni ambientali.

	Ambiente	Copriferro minimo	Tolleranza di posa	Copriferro nominale
Fondazioni	Ordinario	25	10	35

In definitiva si prescrive che in fondazione il copriferro netto non deve essere inferiore a 40mm.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 8 DI 27

6 TERRENO DI FONDAZIONE

Per l'inquadramento geologico si rimanda alla "Relazione geotecnica generale" (IA5F01D78RHGE0005001A) e ai relativi profili geotecnici. La stratigrafia di calcolo viene di seguito descritta.

Nel sito in esame sono presenti depositi alluvionali attuali (unità U1b) per spessori pressochè costanti e pari a 16 m circa. Al di sotto di questo deposito è presente l'argilla subappenninica.

La falda si trova a 67 m s.l.m.m..

Il terreno costituente il piano di posa è quindi U1b, le cui caratteristiche fisiche e meccaniche, in accordo con quanto riportato nelle relazione geotecnica, sono riepilogate in tabella.

Unità	da [m]	a [m]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]
U1b	p.c.	16	19.5	30	2.5

Il terreno di fondazione è stato schematizzato come un letto di molle alla Winkler.

7 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sul basamento le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione del vento;
- azione della neve;

Nel progetto strutturale in esame, le azioni esterne, quali vento e neve, sono state valutate a vantaggio di sicurezza, considerando la località di Matera.

7.1 PESO PROPRIO STRUTTURE

Il peso proprio del basamento è computato automaticamente dal programma di calcolo.

Il peso dell'intero prefabbricato modulare è 150 kN. Si è ipotizzata una plausibile disposizione dei pilastri interni allo shelter, che dovranno essere nel dettaglio definiti nelle successive fasi progettuali.

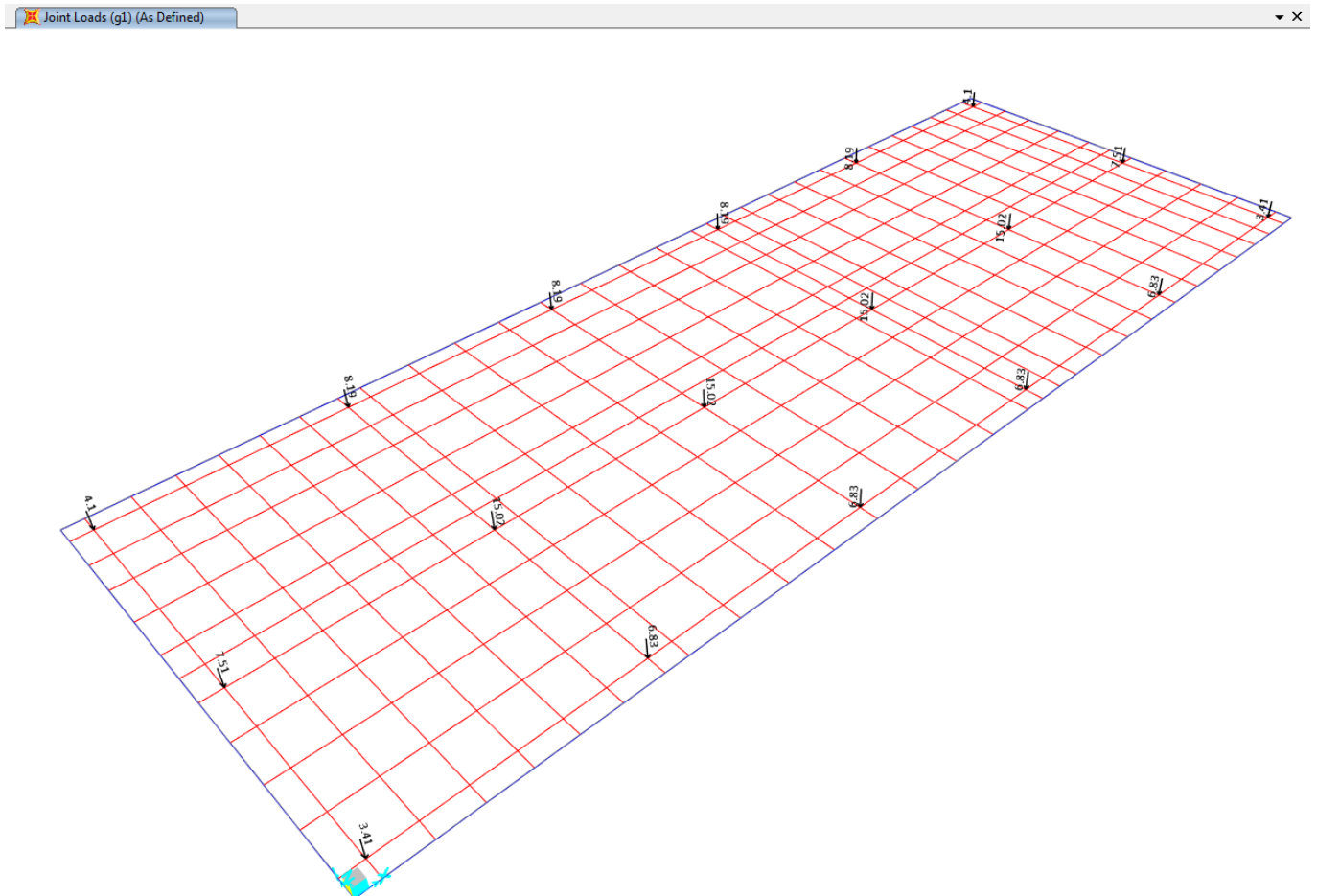


Figura 1 – Peso proprio prefabbricato.

7.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Nell'analisi dei carichi sono stati stimati i carichi dovuti alle apparecchiature tecnologiche che troveranno sistemazione nella Shelter GA2. In particolare sono stati considerati i pesi della apparecchiature per il condizionamento (evidenziate in celeste nell'immagine seguente) che risulta pari a 2.50 kN ciascuno ed il peso del GE pari a 43kN.

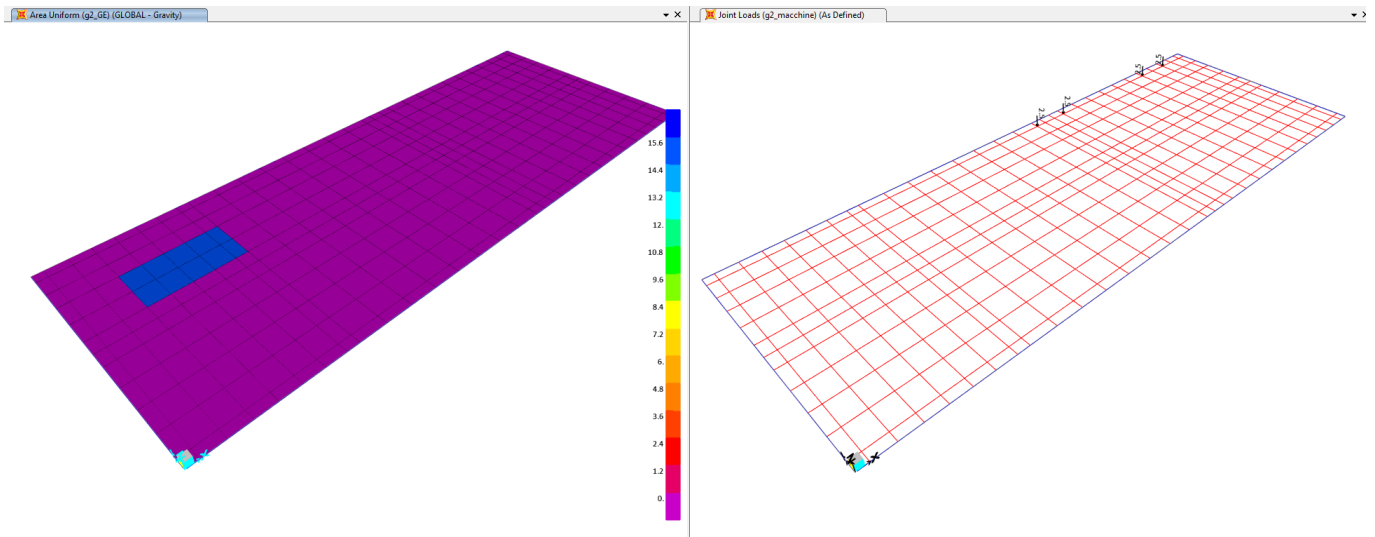
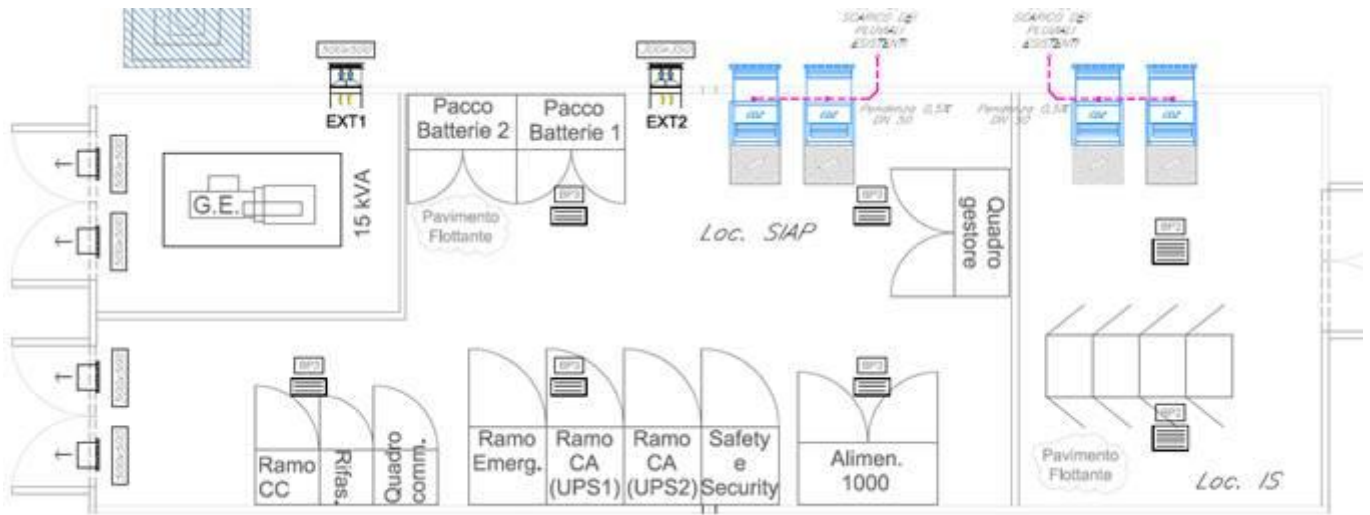


Figura 2 – Carichi permanenti portati.

7.3 SOVRACCARICO ACCIDENTALE

È stato considerato un sovraccarico accidentale pari a 1.00 kN/m².

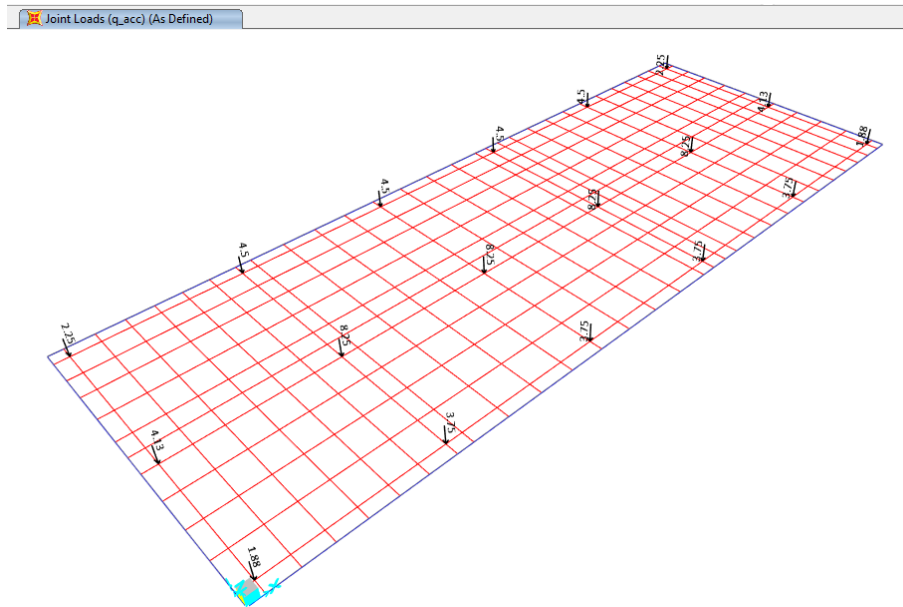


Figura 3 – Sovraccarico accidentale.

7.4 AZIONE DELLA NEVE

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

dove:

μ_i - Coefficiente di forma della copertura;

C_e - Coefficiente di esposizione;

C_t - Coefficiente termico;

q_{sk} - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Per la valutazione di q_{sk} si è fatto riferimento ad un sito posto in zona I - Mediterranea, con altezza sul livello del mare pari a 550 m:

$$q_{sk} = 1.17 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di esposizione C_e può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018. Per il caso in esame, si assume $C_e = 1.0$.

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1.0$ (3.4.4 - NTC2018).

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 14 Gennaio 2008):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha $\alpha = 0^\circ$ pertanto:

$$\mu_1 (0^\circ) = 0,8$$

Si assume, a vantaggio di sicurezza, una distribuzione uniforme del carico da neve per la copertura piana, quindi si ha:

$$q_s = 0,8 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,17 = 0,95 \text{ kN/m}^2.$$

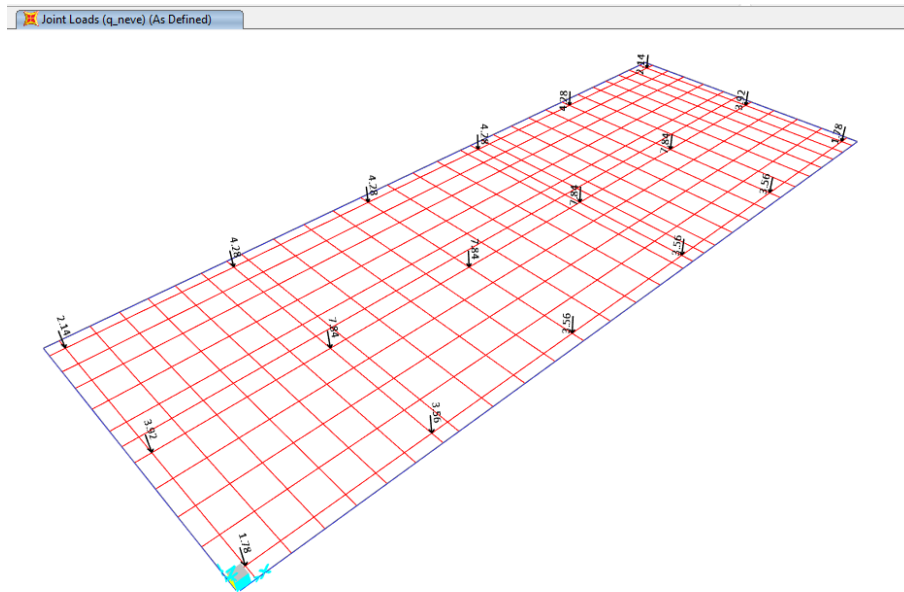


Figura 4 – Carico neve.

7.5 AZIONE DEL VENTO

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 3.3.3 – NTC2018. Per il calcolo dell'azione statica equivalente dovuta al vento, si è fatto riferimento ad un sito posto in zona 4, con altezza sul livello del mare pari a 550 m.

Pressione del vento:

La pressione del vento, considerata come azione statica agente normalmente alle superfici, è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

dove

- q_b - Pressione cinetica di riferimento
- C_e - Coefficiente di esposizione
- C_p - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 13 DI 27

- c_d - Coefficiente dinamico che si assume unitario.

Pressione cinetica di riferimento:

La pressione cinetica di riferimento q_b in (N/m²) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

- v_b - Velocità di riferimento del vento;
- ρ – Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³.

In mancanza di indagini statistiche adeguate, la velocità di riferimento del vento $v_b(T_R)$ riferita ad un generico periodo di ritorno T_R può essere valutata, nel campo compreso tra 10 e 500 anni, con l'espressione:

$$V_b(T_R) = \alpha \cdot v_b$$

dove:

v_b – Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;

α_R – Coefficiente posto in un diagramma in funzione di T_R espresso in anni;

Il periodo di ritorno T_R al quale si è fatto affidamento per la valutazione della velocità di riferimento del vento risulta pari a 100 anni.

Coefficiente di esposizione:

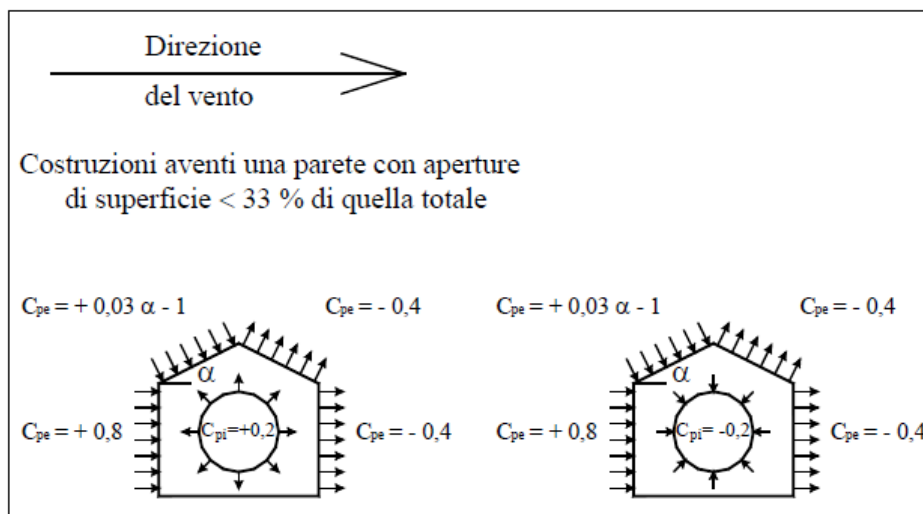
Il coefficiente d'esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per il caso in esame considerando zona 4, classe di rugosità del terreno D e categoria d'esposizione del sito II, il coefficiente di esposizione risulta pari ad 1.90.

Coefficiente dinamico:

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso è assunto cautelativamente pari ad 1.

Coefficiente di forma (o aerodinamico):

Per la determinazione del coefficiente di forma si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.3.10.1 della Circolare del 2/02/2009 in relazione a quanto riassunto nella figura seguente:



Per il carico sopravvento si assume $c_p = +0,8$;

per il carico sottovento si assume $c_p = -0,4$;

Si riporta di seguito il prospetto delle caratteristiche assunte per la determinazione della pressione normale del vento secondo normativa:

Azione Normale Vento		
Zona	4	
a_s	550	m
a_0	500	m
$v_{b,0}$	28	m/s
K_a	0.02	1/s
$v_b(T_R)$	34.29	m/s
q_b	0.49	kN/m ²
Categoria di esposizione sito	II	
k_r	0.19	
Z_0	0.05	m
Z_{min}	4	m
$C_e(Z_{min})$	1.80	
C_d	1	
$C_e(z)$	1.80	
α (Inclinazione copertura)	0	°
C_{p2} (Elementi Verticali - Sopravento)	+ 0.80	
C_{p3} (Elementi Verticali - Sottovento)	- 0.40	
p_2 (Pressione vento elementi verticali - Sopravento)	+ 1,05	kN/m ²
p_3 (Pressione vento elementi verticali - Sottovento)	- 0,35	kN/m ²

Joint Loads (q_vento) (As Defined)

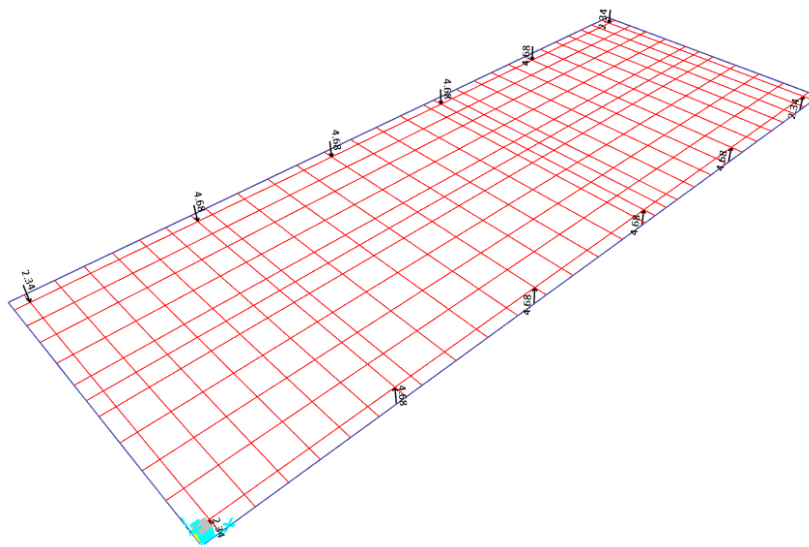


Figura 5 – Carico vento.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 15 DI 27

8 COMBINAZIONI DI CALCOLO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (2.5.3 – NTC2018).

- Combinazione fondamentale, generalmente 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), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

- Combinazione caratteristica (frequente), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

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

- Combinazione caratteristica (quasi permanente), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE):

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

Dove:

Azioni Permanenti (G);

Azioni Variabili (Q).

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

	g ₁	g ₂	q _{acc}	q _{neve}	q _{vento}
slu1	1.3	1.5	1.5	0.5*1.5	0.6*1.5
slu2	1.3	1.5	0.0*1.5	1.5	0.6*1.5
slu3	1.3	1.5	0.0*1.5	0.5*1.5	1.5
sle1	1.0	1.0	1.0	0.5	0.6
sle2	1.0	1.0	0.0	1.0	0.6
sle3	1.0	1.0	0.0	0.5	1

9 VERIFICHE STRUTTURALI

Il momento flettente massimo in combinazione SLU e SLE è pari rispettivamente a 15 kNm/m e 10 kNm/m; l'armatura, costituita superiormente e inferiormente nelle due direzioni da $\Phi 16/25$, garantisce la copertura di tali momenti.

A seguire si riportano i diagrammi di ricoprimento e la verifica della sezione in combinazione SLU e SLE.

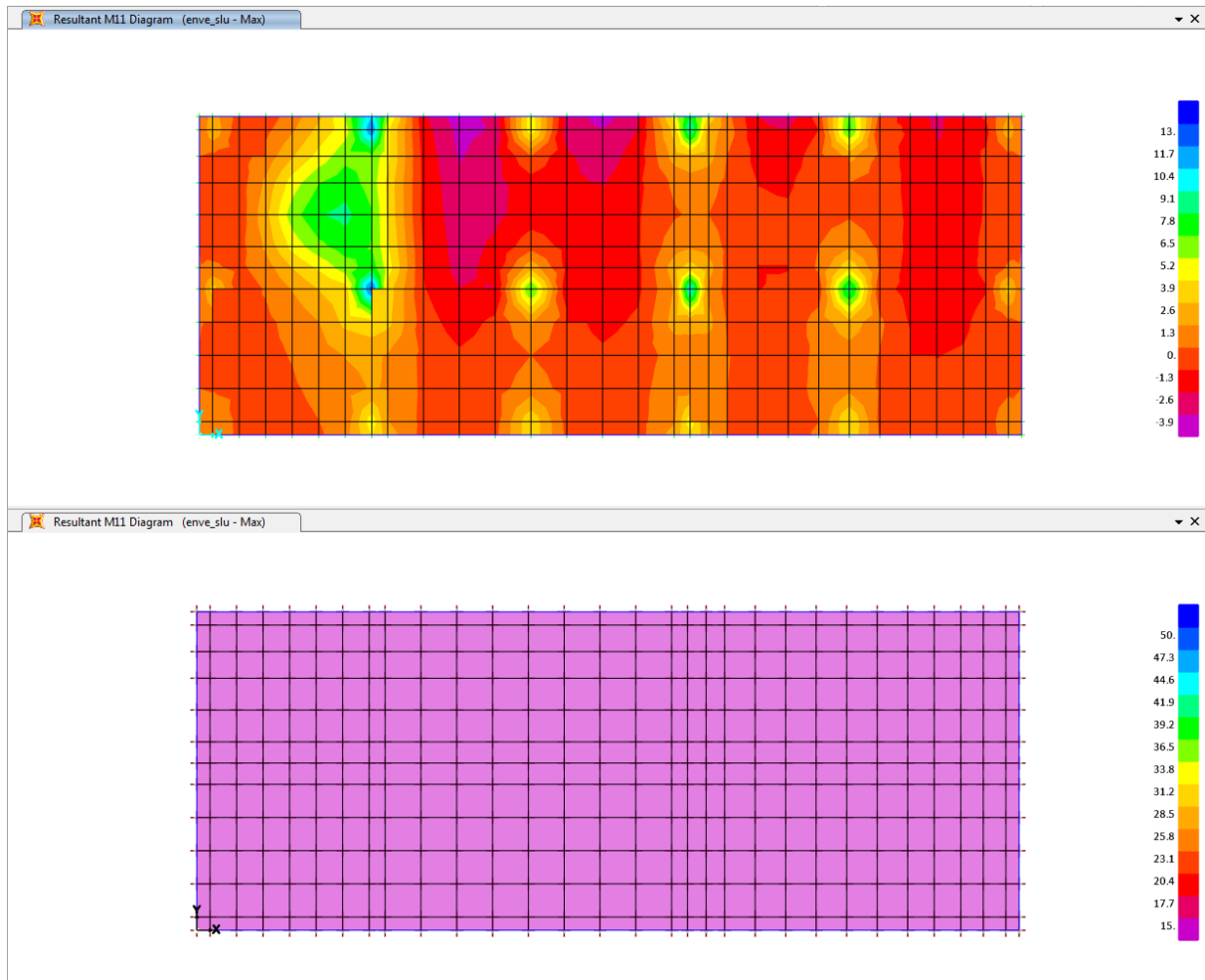
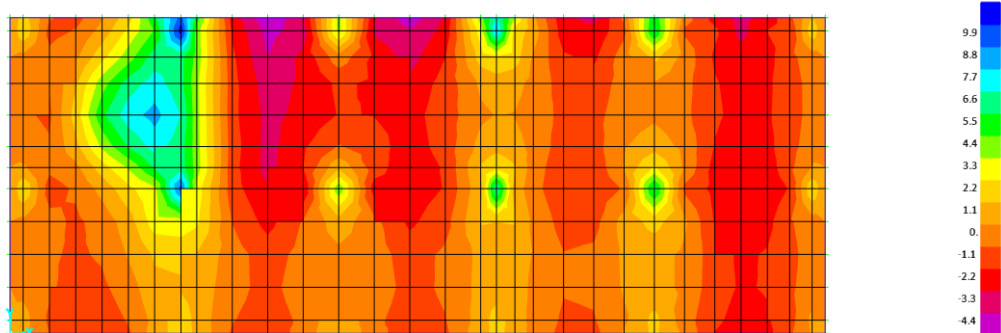


Figura 6 – Diagramma M11 involucro massimo SLU e diagramma di ricoprimento M11 > 15 kNm

Resultant M11 Diagram (enve_slu - Min)



Resultant M11 Diagram (enve_slu - Min)

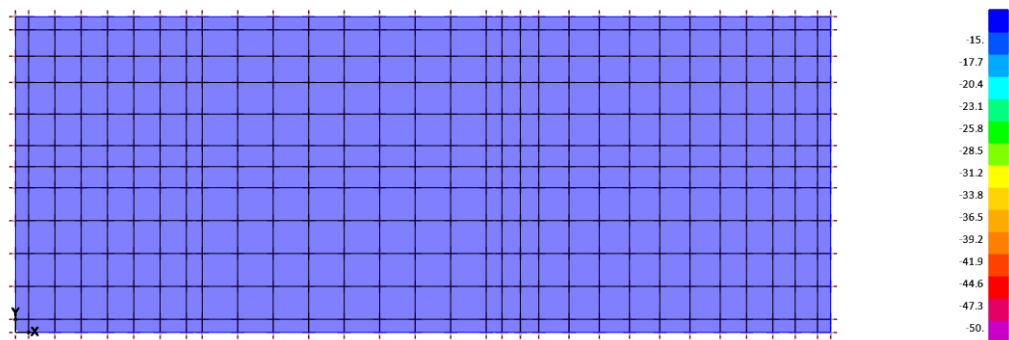
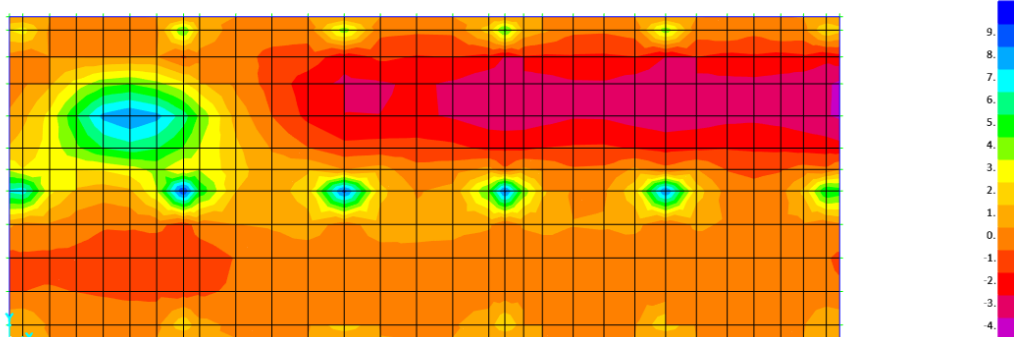


Figura 7 – Diagramma M11 involucro minimo SLU e diagramma di ricoprimento M11 < -15 kNm

Resultant M22 Diagram (enve_slu - Max)



Resultant M22 Diagram (enve_slu - Max)

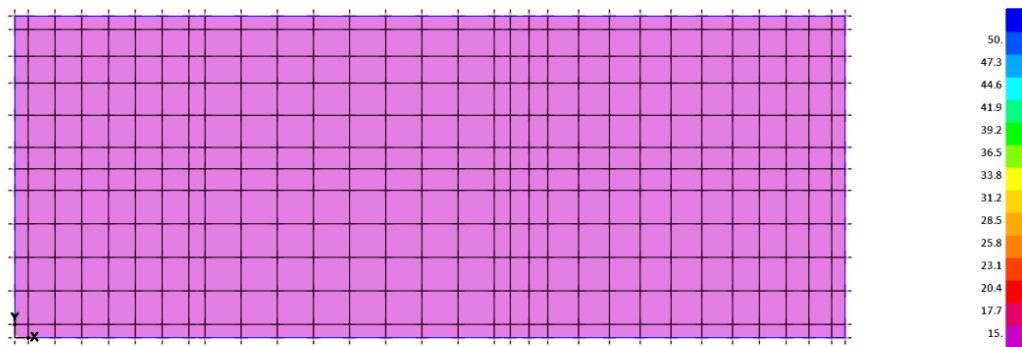
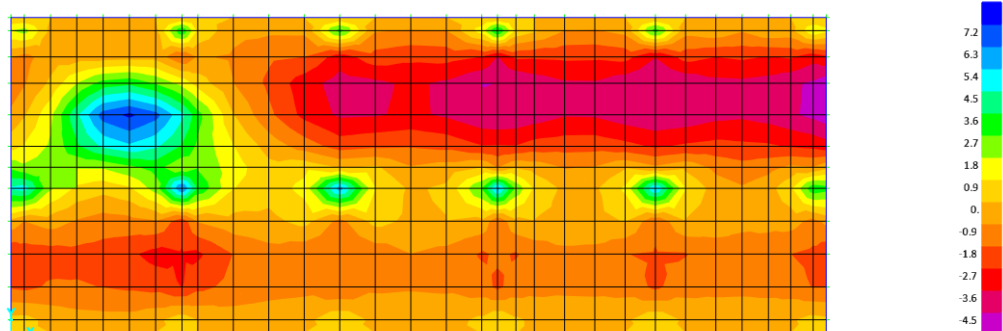


Figura 8 – Diagramma M22 involuppo massimo SLU e diagramma di ricoprimento M22 > 15 kNm

Resultant M22 Diagram (enve_slu - Min)



Resultant M22 Diagram (enve_slu - Min)

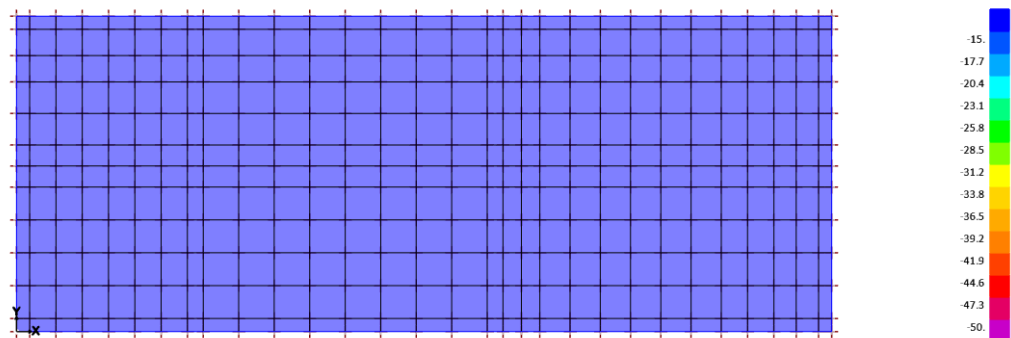


Figura 9 – Diagramma M22 involuppo minimo SLU e diagramma di ricoprimento M22<-15 kNm

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resistenza compress. di progetto fcd:	141.60 daN/cm ²
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	314750 daN/cm ²
	Resis. media a trazione fctm:	25.60 daN/cm ²
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	137.50 daN/cm ²
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	137.50 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	100.00 daN/cm ²
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. caratt. a rottura ftk:	4500.0	daN/cm ²
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	3913.0	daN/cm ²
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913.0	daN/cm ²
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	3375.0	daN/cm ²

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0 cm
Altezza:	40.0 cm
Barre inferiori:	4Ø16 (8.0 cm ²)
Barre superiori:	4Ø16 (8.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0 cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0 cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	12.5 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [daN] in direzione parallela all'asse y baric. della sezione
MT	Momento torcente [daN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0	1500	0	0

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	1000

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	1000 (7522)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [daN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [daNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0	1000 (7522)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	23.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA					
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO FA0100 001	REV. A	FOGLIO 21 DI 27

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale [daN] applicato nel Baricentro (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [daNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale ultimo [daN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento flettente ultimo [daNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0	1500	-15	10965	7.310	36.0	0.11	0.70	16.1 (5.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	40.0	-0.00089	35.0	-0.02725	5.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

VerS	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Sc min	Minima tensione di compress. (+) nel conglom. in fase fessurata [(daN/cm ²)]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [daN/cm ²]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X, Y, O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.4	40.0	-3.4	0.0	-38	35.0	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [daNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00003	-0.00003	---	---	---	---	---	7522

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.4	40.0	-3.4	0.0	-38	35.0	0.0	0	0.0	0.0



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA - MATERA LA MARTELLA

FA01 - Relazione di calcolo

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01	D 78 CL	FA0100 001	A	22 DI 27

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00003	-0.00003	---	---	---	---	---	7522

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.4	40.0	-3.4	0.0	-38	35.0	0.0	0	0.0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.00003	-0.00003	---	---	---	---	---	7522

10 VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

La reazione massima delle molle alla Winkler ottenuta dal modello di calcolo, nelle combinazioni SLU, è pari a 25.5 kN/m².

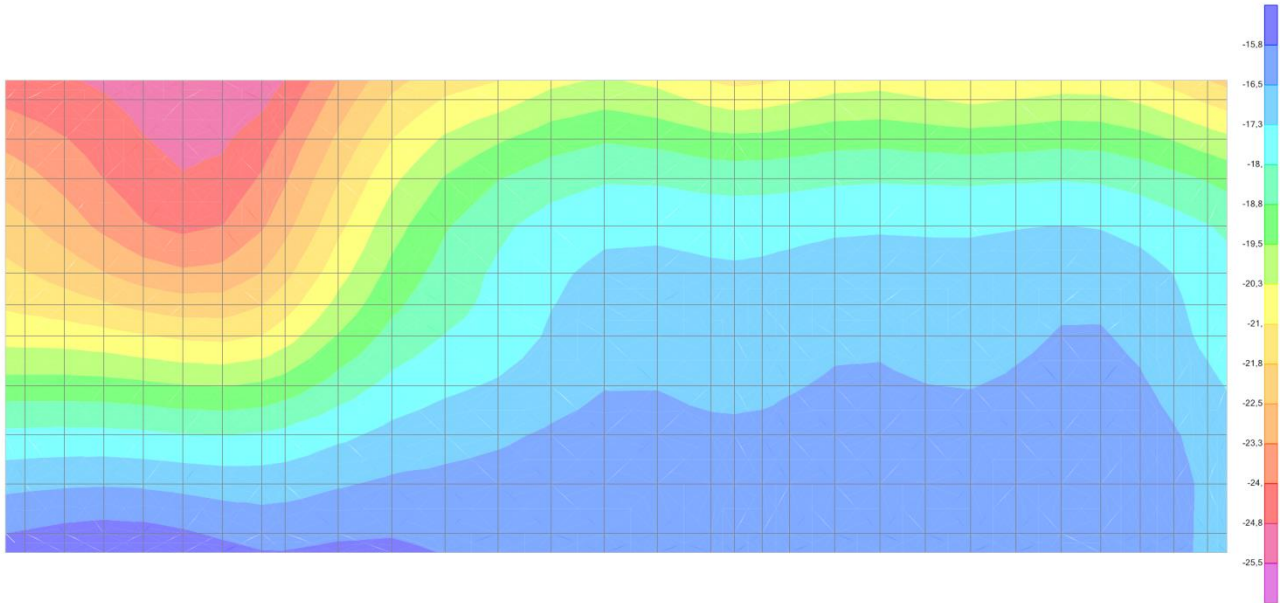


Figura 10 – Reazioni vincolari.

Per la verifica si utilizza l'approccio 2 (A1+M1+R3) con $\gamma_{R3}=2.3$.

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

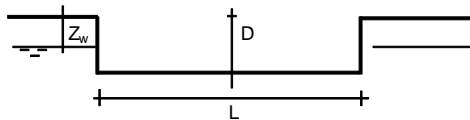
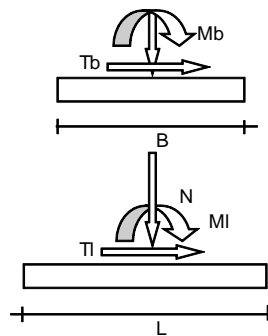
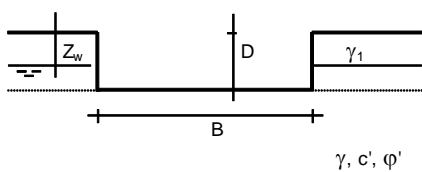
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

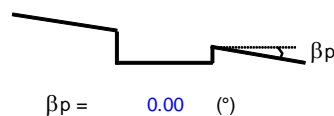
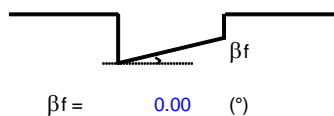
coefficienti parziali

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.00 (m)
L = 1.00 (m)
D = 0.00 (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	25.50		25.50
Mb [kNm]	0.00		0.00
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$\gamma_1 = 19.50$ (kN/mc)
 $\gamma = 19.50$ (kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$c' = 2.50$ (kN/mq)
 $\varphi' = 30.00$ (°)

Valori di progetto

$c' = 2.50$ (kN/mq)
 $\varphi' = 30.00$ (°)

Profondità della falda

$Z_w = 0.00$ (m)

$e_B = 0.00$ (m)
 $e_L = 0.00$ (m)

$B^* = 1.00$ (m)
 $L^* = 1.00$ (m)

q : sovraccarico alla profondità D

$q = 0.00$ (kN/mq)

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$\gamma = 9.50$ (kN/mc)

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

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

$N_q = 18.40$

$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$

$s_c = 1.61$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 30.14$

$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$

$s_q = 1.58$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 22.40$

$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$

$s_\gamma = 0.60$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.50 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.50 \quad m = 1.50 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg(\varphi)))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m_bsin²θ+m_lcos²θ) in tutti gli altri casi)

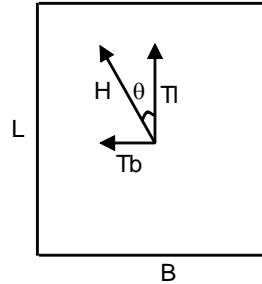
$$i_q = 1.00$$

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

$$i_c = 1.00$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg(\varphi)))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 1.00$$


 d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \text{sen}\varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \text{sen}\varphi')^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.00$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$d_c = 1.00$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

 b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale				
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA				
FA01 - Relazione di calcolo	PROGETTO IA5F	LOTTO 01	CODIFICA DOCUMENTO D 78 CL FA0100 001	REV. A	FOGLIO 27 DI 27

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 185.20 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 25.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 80.52 \geq q = 25.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$