

COMMITTENTE



COMUNE DI GENOVA

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
ALBERTO BITOSSO
IL DIRETTORE ESECUTORE DEL CONTRATTO
ANTONIO ROSSA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)

PROGETTAZIONE

MANDANTARIA

MANDANTE
MANDANTE



MANDANTE



ABDR architetti associati srl.

STUDIO ARCHITETTONICO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Dott. Ing. Alessandro Peresso

SCALA:

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

E 2 1 D 0 0 D Z 3 R H F A 4 3 0 0 1 0 6 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	ABDR	15/01/2022	P. Desideri	15/01/2022	A. Peresso	15/01/2022	
B	VAR. TEAM COMMESSA	ABDR	17/05/2022	P. Desideri	17/05/2022	A. Peresso	17/05/2022	
C	VAR. TEAM COMMESSA	ABDR	07/2022	P. Desideri	07/2022	A. Peresso	07/2022	



NOME FILE: E21D-00-D-Z3-RH-FA4300-106-C

n. Elab.:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">3 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	3 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	3 di 113								

INDICE

1. Introduzione.....	5
2. Riferimenti Normativi	6
3. Proprietà dei materiali.....	7
3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18).....	7
3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18)	7
3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18)	8
3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08)	9
4. Analisi delle sezioni.....	10
4.1 HEB260	10
4.2 HEB120	11
5. Carichi.....	12
5.1 Carico neve (Q ₁) (ex. § 3.4 N.T.C.18).....	13
5.2 Carico vento (Q ₃) (ex. § 3.3 N.T.C.18).....	14
5.3 Azione della temperatura (Q ₄) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)	16
5.4 Carico da manutenzione.....	17
5.5 Azione sismica.....	18
5.5.1 Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18).....	26
5.6 Combinazione dei carichi.....	29
6. Modello di calcolo.....	32
7. Analisi dinamica.....	33
8. Verifiche di resistenza - carpenteria metallica.....	36
8.1 Profilo HEB 260	36
8.2 Profilo HEB 120	38
9. Verifiche di deformazione.....	40
10. Verifica delle connessioni	43
10.1 Connessione Pilastro-trave	43
10.2 Connessione d'angolo pilastro-trave.....	45
10.3 Verifica della connessione in fondazione	47
10.3.1 Verifica della carpenteria metallica.....	48
10.3.2 Verifica dei tirafondi.....	49
11. Verifica delle fondazioni- modello Degola 1.....	52
11.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	53
11.2 Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler	53
11.2.1 Calcolo della costante elastica di Winkler.....	54
11.3 Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile	57
11.4 VERIFICHE DI RESISTENZA.....	59

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">4 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	4 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	4 di 113								

11.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)	60
11.4.2	Verifica della fondazione	70
11.4.3	Verifica Soletta di fondazione	77
11.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	81
12.	Verifica delle fondazioni- modello Degola 2.....	82
12.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	83
12.2	Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler	83
12.2.1	Calcolo della costante elastica di Winkler.....	84
12.3	Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile	87
12.4	VERIFICHE DI RESISTENZA	89
12.4.1	Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)	90
12.4.2	Verifica della fondazione	100
12.4.3	Verifica Soletta di fondazione	107
12.5	Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni.....	113

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	5 di 113

1. Introduzione

La presente relazione di calcolo riporta le verifiche strutturali relative al nuovo capolinea degli autobus da realizzarsi a Genova, zona Degola. La struttura di nuova realizzazione si compone di profili metallici che realizzano la parte in elevazione, collegati tra loro da giunti sia saldati sia realizzati da bulloni.

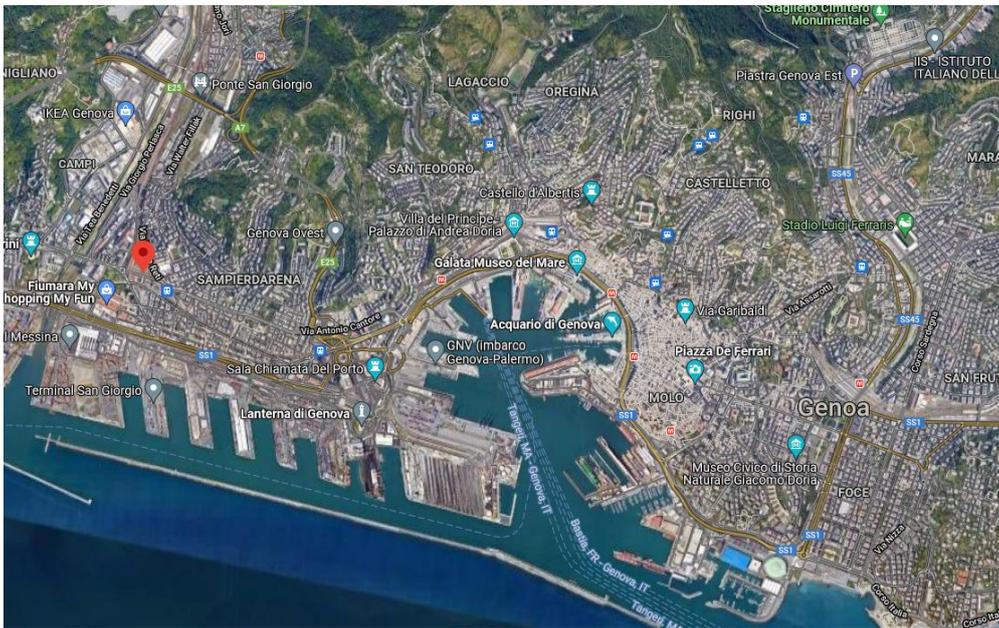


Figura 1 Geolocalizzazione - vista in pianta



Figura 2 Vista 3d della carpenteria metallica

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>6 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	6 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	6 di 113								

2. Riferimenti Normativi

Nella stesura dei calcoli e nella redazione degli elaborati progettuali si è fatto riferimento alle Leggi ed alle Norme tecniche vigenti di seguito riportate:

- **D.M. 17.01.2018 [NTC 18]**

“Norme tecniche per le costruzioni”

- **Circolare 21 Gennaio 2019, n°7**

“Istruzioni per l’applicazione dell’“Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 Gennaio 2018.

- **CNR-DT 207/2008**

“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”

- **UNI-EN 1090-1 2013**

“Esecuzione delle strutture in acciaio e di alluminio. Parte1: requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali”.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>7 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	7 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	7 di 113								

3. Proprietà dei materiali

3.1 Calcestruzzo C25/30 - fondazioni (ex. § 4.1.2 NTC 18)

$E = 31476 [MPa]$: modulo di elasticità

$\mu = 0.2$: rapporto di Poisson

$\gamma = 25 [KN / m^3]$: peso specifico

$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} [1/^\circ C]$: coefficiente di dilatazione termica

$f_{bk} = 4.04 [MPa]$: resistenza di caratteristica di aderenza

$f_{cd} = 14.2 [MPa]$: resistenza di calcolo a compressione del cls

$f_{ctd} = 1.2 [MPa]$: resistenza di calcolo a trazione del cls

3.2 Acciaio per barre d'armatura B450C (ex. § 11.3.2 NTC 18)

$E = 210000 [MPa]$: modulo di elasticità

$f_{nom} = 540 [MPa]$: tensione nominale a carico massimo

$f_{ynom} = 450 [MPa]$: tensione nominale di snervamento

$f_{yd} = 390 [MPa]$: resistenza di calcolo dell'acciaio

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>8 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	8 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	8 di 113								

3.3 Acciaio S355J0 (ex. § 4.2.1.1 NTC 18)

$E = 210000 [MPa]$: modulo di elasticità

$\mu = 0.33$: rapporto di Poisson

$\gamma = 80 [KN/m^3]$: peso specifico

$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} [1/^\circ C]$: coefficiente di dilatazione termica

$f_{tk} = 510 [MPa]$: tensione di rottura

$f_{yk} = 355 [MPa]$: tensione caratteristica di snervamento

$f_{ywd} = 338 [MPa]$: resistenza di progetto dell'acciaio

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>9 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	9 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	9 di 113								

3.4 Bulloni (ex. § 11.3.4.6 NTC 08)

CLASSE DI RESISTENZA: 8.8

$f_{yb} = 640 [MPa]$: tensione di snervamento

$f_{ub} = 800 [MPa]$: tensione di rottura

In accordo con le NTC'18, le resistenze a taglio e trazione si determinano come segue.

Resistenza a taglio:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{res}}{\gamma_{Mb}}$$

La resistenza a trazione:

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{res}}{\gamma_{Mb}}$$

Bullone	Fvrd [kN]	Ftrd [kN]
M16	50.2	90
M24	135	203

Tabella 1 Valori di resistenza bulloni

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4300106

REV.

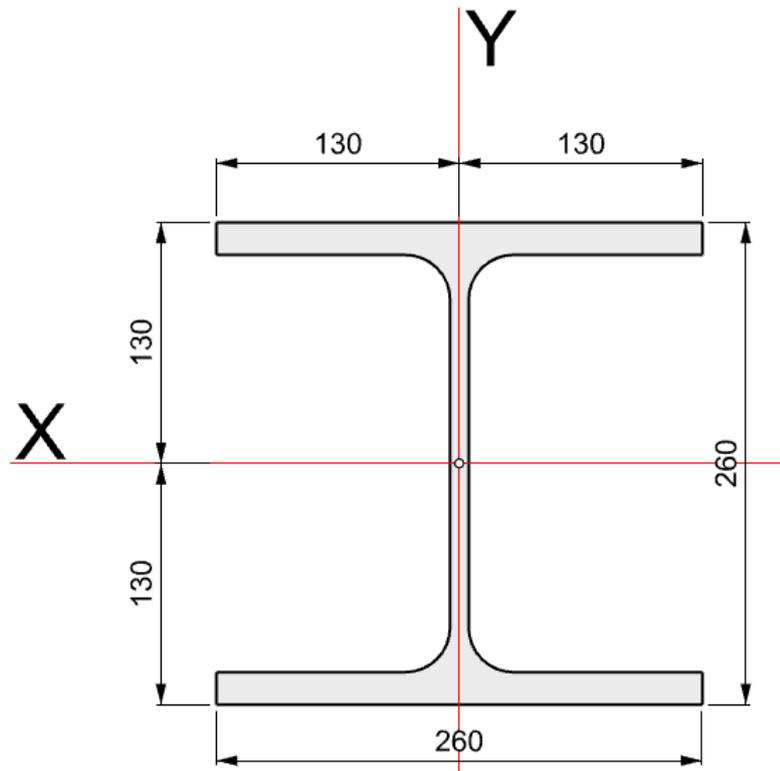
A

FOGLIO

10 di 113

4. Analisi delle sezioni

4.1 HEB260



HEB 260			
Parametri		Unità	
Area	A	118	cm ²
Inerzia	J _x	14919	cm ⁴
	y _{max}	13	cm
Modulo di resistenza	W _x	1147	cm ³
Inerzia	J _y	5134	cm ⁴
	x _{max}	13	cm
Modulo di resistenza	W _y	394	cm ³

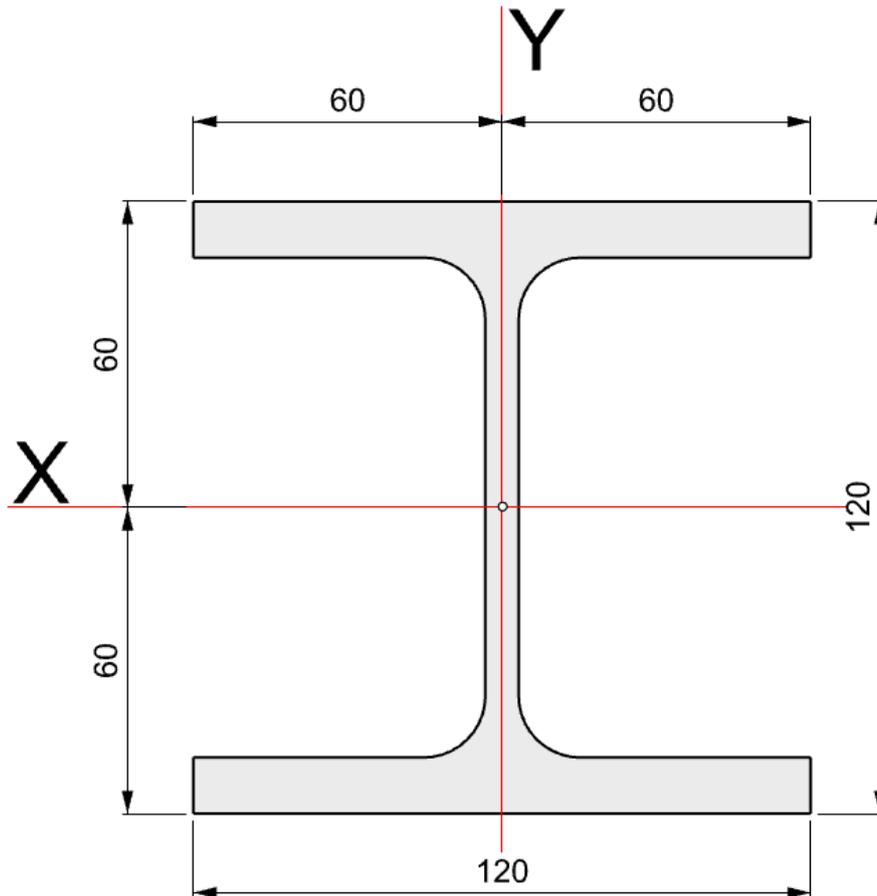
Tabella 2 Parametri geometrici HEB 260

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	11 di 113

4.2 HEB120



HEB 120			
Parametri		<i>Unità</i>	
Area	A	34	cm ²
Inerzia	J _x	864	cm ⁴
	y _{max}	6	cm
Modulo di resistenza	W _x	144	cm ³
Inerzia	J _y	317	cm ⁴
	x _{max}	6	cm
Modulo di resistenza	W _y	52.8	cm ³

Tabella 3 Parametri geometrici HEB 120

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>12 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	12 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	12 di 113								

5. Carichi

Peso proprio degli elementi componenti la struttura (G1):

- Calcestruzzo armato = 25.0 [kN/m³];
- Elementi in acciaio = 78.5 [kN/m³].

Peso proprio degli elementi non strutturali (G2):

- Carico permanente portato (Copertura) **G2 = 0.50 [kN/m²]** così suddiviso:

Strati	carico
Pannello composito e sottostruttura [interno]	0.10 [kN / m ²]
Lamiera Grecata	0.08 [kN / m ²]
Tavolato	0.22 [kN / m ²]
Pannello composito e sottostruttura [esterno]	0.10 [kN / m ²]

Per i carichi variabili si rimanda ai paragrafi seguenti.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">13 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	13 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	13 di 113								

5.1 Carico neve (Q_1) (ex. § 3.4 N.T.C.18)

Il carico dovuto alla neve sulle coperture viene valutato secondo Normativa dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura, nel caso in oggetto pari a 0.8;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo, pari a 1.0kN/m^2 per la zona di Genova;
- C_E è il coefficiente di esposizione, posto pari ad 1;
- C_t è il coefficiente termico, posto pari ad 1.

Il carico provocato dalla neve risulta pertanto essere pari a $q_s = 0.80[\text{kN/m}^2]$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">14 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	14 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	14 di 113								

5.2 Carico vento (Q_3) (ex. § 3.3 N.T.C.18)

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Considerando come D la classe di rugosità del terreno, si determina una categoria II di esposizione del sito.

Zona 7	$v_{b,0} = 28 [m/s]$	$a_0 = 1000 [m]$	$k_a = 0.54 [1/s]$
Categoria sito II	$k_r = 0.19$	$z_0 = 0.05 [m]$	$z_{\min} = 4 [m]$

Tabella 4 Parametri modellazione azione del vento

Dati questi parametri di input, si determinano i coefficienti dell'espressione vista sopra.

- q_b è la pressione cinetica di riferimento, pari a $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = 50 [kg/m^2]$

dove:

- ρ è la densità dell'aria assunta pari a 1.25 kg/mc;
- v_b è la velocità di riferimento del vento, pari a 28m/s
- c_e è il coefficiente di esposizione, pari a $c_e(z) = c_e(z_{\min}) = 1.8$ [determinabile graficamente dall'immagine sottostante]

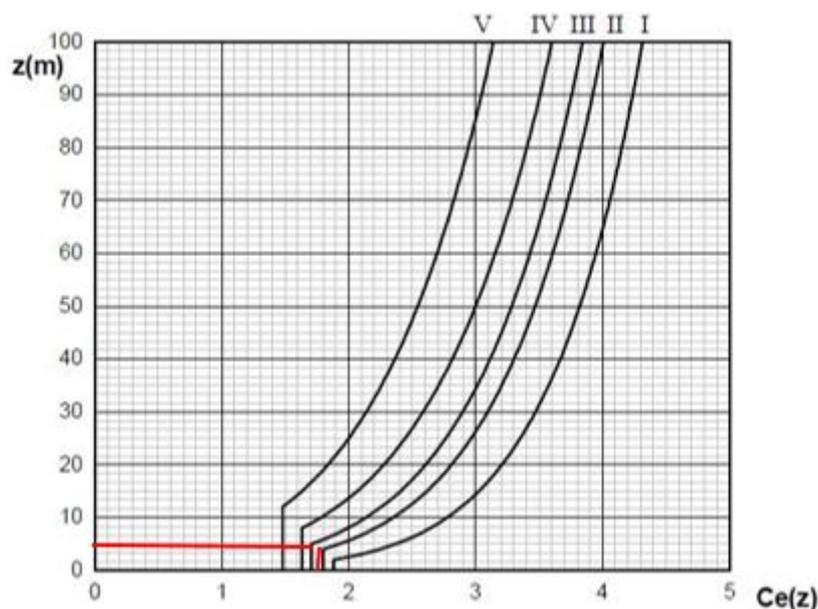


Figura 3 Coefficiente di esposizione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	COMMESSA E21D	LOTTO 00 D Z3	CODIFICA RH	DOCUMENTO FA4300106	REV. A	FOGLIO 15 di 113

La pressione del vento che si determina è pertanto pari a:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 0.9 [kN / m^2]$$

Il comportamento aerodinamico degli edifici e in particolare delle tettoie a semplice falda, viene analizzato in accordo con il paragrafo G.6.1 (CNR-DT207-2008). La tabella sottostante riporta i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falca con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo.

Tabella G.XII – Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).

Valori positivi	Tutti i valori di φ	$c_F = + 0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\varphi = 0$	$c_F = - 0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$
	$\varphi = 1$	$c_F = -1,4$

Tabella 5 Coefficienti di forza

Il grado di bloccaggio ' φ ' è assunto pari a 0.5. Con buona approssimazione si può infatti affermare come metà del volume al di sotto della pensilina sia ostruito da box, mentre l'altra metà sia libera.

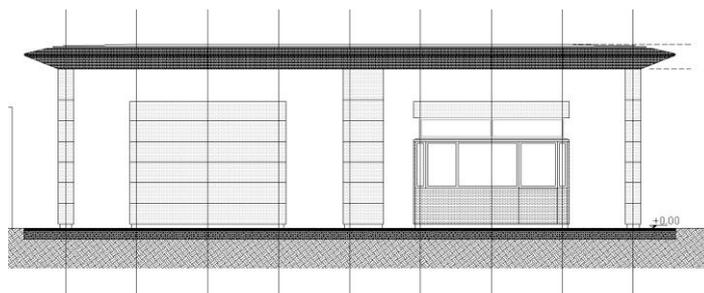


Figura 4 Prospetto architettonico

Pertanto, per valori di φ compresi tra 0 ed 1 è ammessa un'interpolazione lineare.

$$c_f(0) = -0.5$$

$$c_f(1) = -1.4$$

$$c_f(0.5) = +0.2$$

[coefficiente di forza positivo]

$$c_f(0.5) = -0.95$$

[coefficiente di forza negativo]

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	16 di 113

Il carico vento sulla tettoia è da applicarsi con distribuzione lineare, la cui risultante è come riportato nella figura sottostante.

Per il calcolo della tettoia si considerano le condizioni di carico più gravose tra le quattro indicate nella Figura G.27, dove la forza risultante $F = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_F$ (Eqq. 3.13a,b,c) è applicata sopravento ad una distanza pari a $d/4$ dal bordo investito dal flusso.

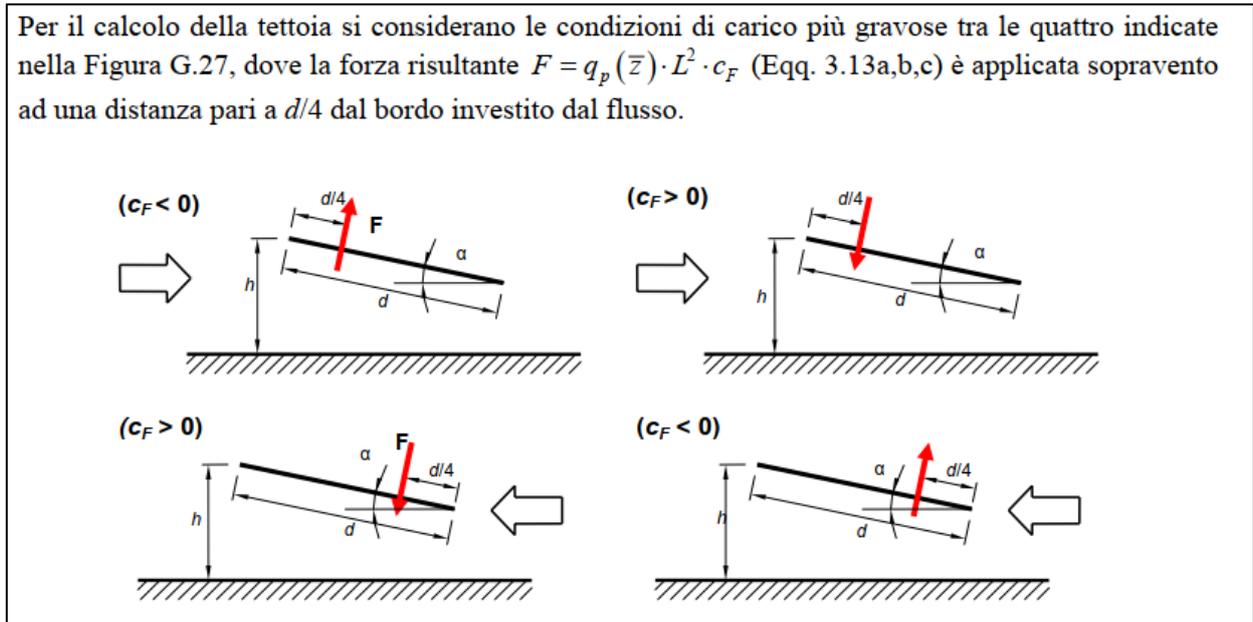


Figura 5 Applicazione carichi

$$q^- = p \cdot c_f^- = 0.85[kN / m^2]$$

$$q^+ = p \cdot c_f^+ = 0.18[kN / m^2]$$

5.3 Azione della temperatura (Q₄) (ex. § 3.5.5 N.T.C.18)

Per la struttura in oggetto si considera una componente di ΔT come azione sollecitante. Il valore viene assunto basandosi sulla tabella qui sotto riportata.

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabella 6 Valori di ΔT

$$\Delta T = \pm 25^\circ\text{C}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>17 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	17 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	17 di 113								

5.4 Carico da manutenzione

In accordo con le NTC '18 (tabella 3.1.II) si assume un carico da manutenzione uniformemente distribuito pari a:

$$q(M) = 0.50[kN / m^2]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">18 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	18 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	18 di 113								

5.5 Azione sismica

L'opera oggetto di studio è situata a Genova. Di seguito si riportano i dati utilizzati ed i risultati ottenuti per l'elaborazione degli spettri di risposta, calcolati in direzione orizzontale e verticale per lo stato limite di danno (SLD) e per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

- VITA NOMINALE DELL'OPERA, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO (ex. § 2.4 N.T.C.)

$V_N \geq 50$ anni : Vita nominale di opere ordinarie.

Classe II : Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti (come definito al paragrafo 2.4.2 delle NTC '18);

V_R : Periodo di riferimento.

C_U : Coefficiente d'uso.

Classe II $\Rightarrow C_U = 1.0$

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50[\text{anni}]$$

- VALORI DI a_g, F_0, T_C^* PER PERIODO DI RITORNO T_R

a_g : Accelerazione orizzontale attesa massima al suolo

F_0 : Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di acc.orizzontale

T_C^* : Periodo di inizio del tratto a velocità cost. dello spettro di acc. orizzontale

P_{VR} : Probabilità di superamento

T_R : Periodo di ritorno

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
	Stati limite di esercizio	SLO
SLD		63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 7 Probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato (ex. § 3.2.1 NTC 18).

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">19 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	19 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	19 di 113								

- CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (ex. § 3.2.2 N.T.C.)

Categoria “C”

Categoria topografica “T1” : superficie pianeggiante

- VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA – SPETTRI DI RISPOSTA

Gli spettri di risposta considerati nel calcolo sono stati ottenuti con il programma di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Tale programma permette di ottenere gli spettri di risposta orizzontali e verticali per ogni tipo di stato limite. Per l’opera in oggetto è stato considerato lo stato limite di danno (SLD) e di salvaguardia della vita (SLV).

Parametri considerati (ex. § 3.2.3 NTC 18):

$\xi = 5\%$: Smorzamento
 $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = \sqrt{10/(5+5)} = 1$: Fattore di alterazione dello spettro
 q : Fattore di comportamento

- **Procedimento di calcolo del fattore di comportamento q (ex. § 7.3 NTC 18):**

L’intera struttura viene assunta a carattere strutturale NON DISSIPATIVO.

In accordo con quanto definito con il paragrafo 7.3 delle Norme Tecniche vigenti, per gli stati limite SLD ed SLV il limite massimo del fattore di comportamento è pari a 1.5. Per lo stato limite SLO il limite è 1.0.

A favore di sicurezza, si assume un fattore di sicurezza unitario.

Il sisma è stato introdotto nel modello agli elementi finiti nelle tre direzioni principali x , y e z secondo i seguenti spettri di risposta. Tali spettri sono poi moltiplicati nel modello di calcolo per l’accelerazione di gravità “ g ”.

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

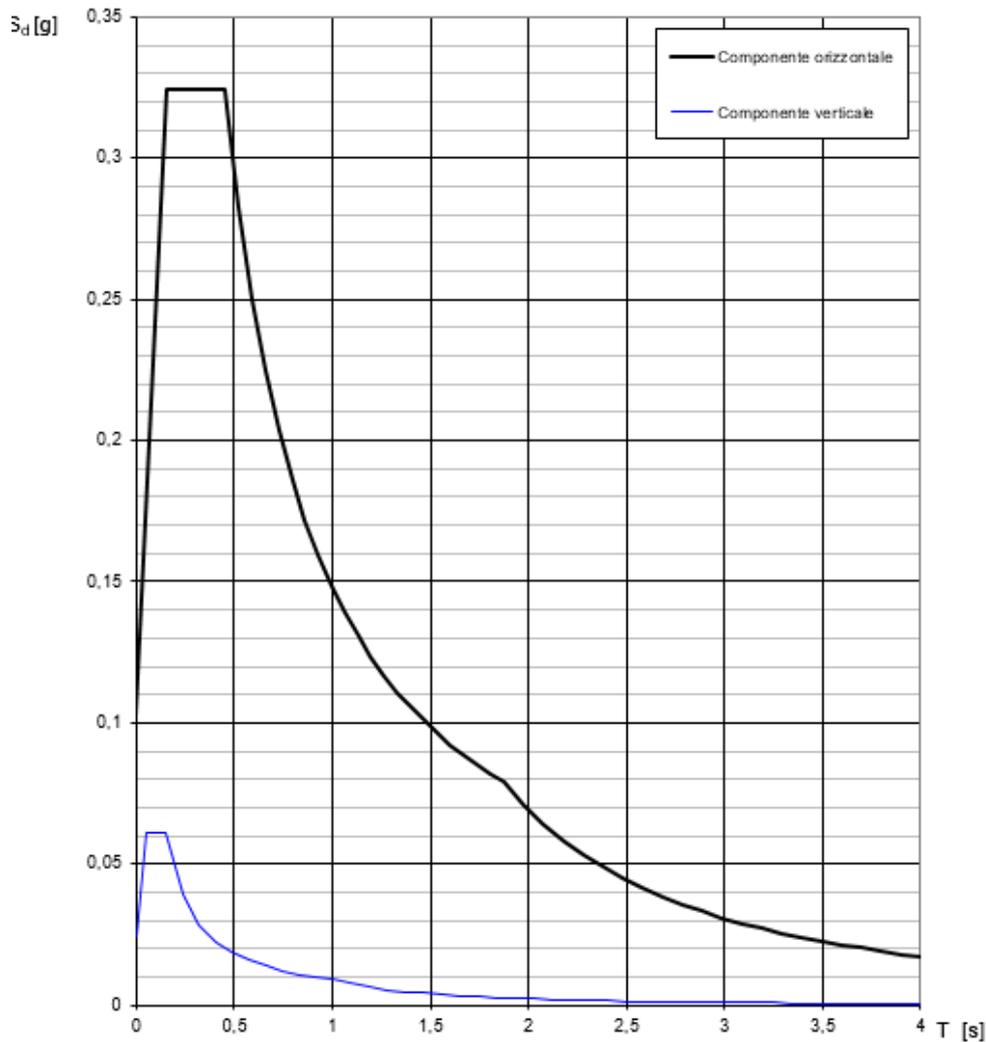
FA4300106

A

20 di 113

SPETTRI DI RISPOSTA

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Tabella 8 Spettro di risposta elastico orizzontale e verticale – SLV

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	21 di 113

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,068 g
F_o	2,536
T_C	0,287 s
S_S	1,500
C_C	1,585
S_T	1,000
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,250
T_B	0,152 s
T_C	0,455 s
T_D	1,873 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,102
T_B	0,152	0,325
T_C	0,455	0,325
	0,523	0,283
	0,590	0,250
	0,658	0,225
	0,725	0,204
	0,793	0,186
	0,860	0,172
	0,928	0,159
	0,995	0,148
	1,063	0,139
	1,130	0,131
	1,198	0,123
	1,265	0,117
	1,333	0,111
	1,400	0,105
	1,468	0,101
	1,535	0,096
	1,603	0,092
	1,671	0,088
	1,738	0,085
	1,806	0,082
T_D	1,873	0,079
	1,974	0,071
	2,076	0,064
	2,177	0,058
	2,278	0,053
	2,380	0,049
	2,481	0,045
	2,582	0,042
	2,683	0,038
	2,785	0,036
	2,886	0,033
	2,987	0,031
	3,088	0,029
	3,190	0,027
	3,291	0,026
	3,392	0,024
	3,494	0,023
	3,595	0,021
	3,696	0,020
	3,797	0,019
	3,899	0,018
	4,000	0,017

La verifica dell'adeguatezza del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Tabella 9 Parametri spettro di risposta elastico orizzontale - SLV

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

00 D Z3

RH

FA4300106

A

22 di 113

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lin\$LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{SLV}	0,024 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,835
S	1,000
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

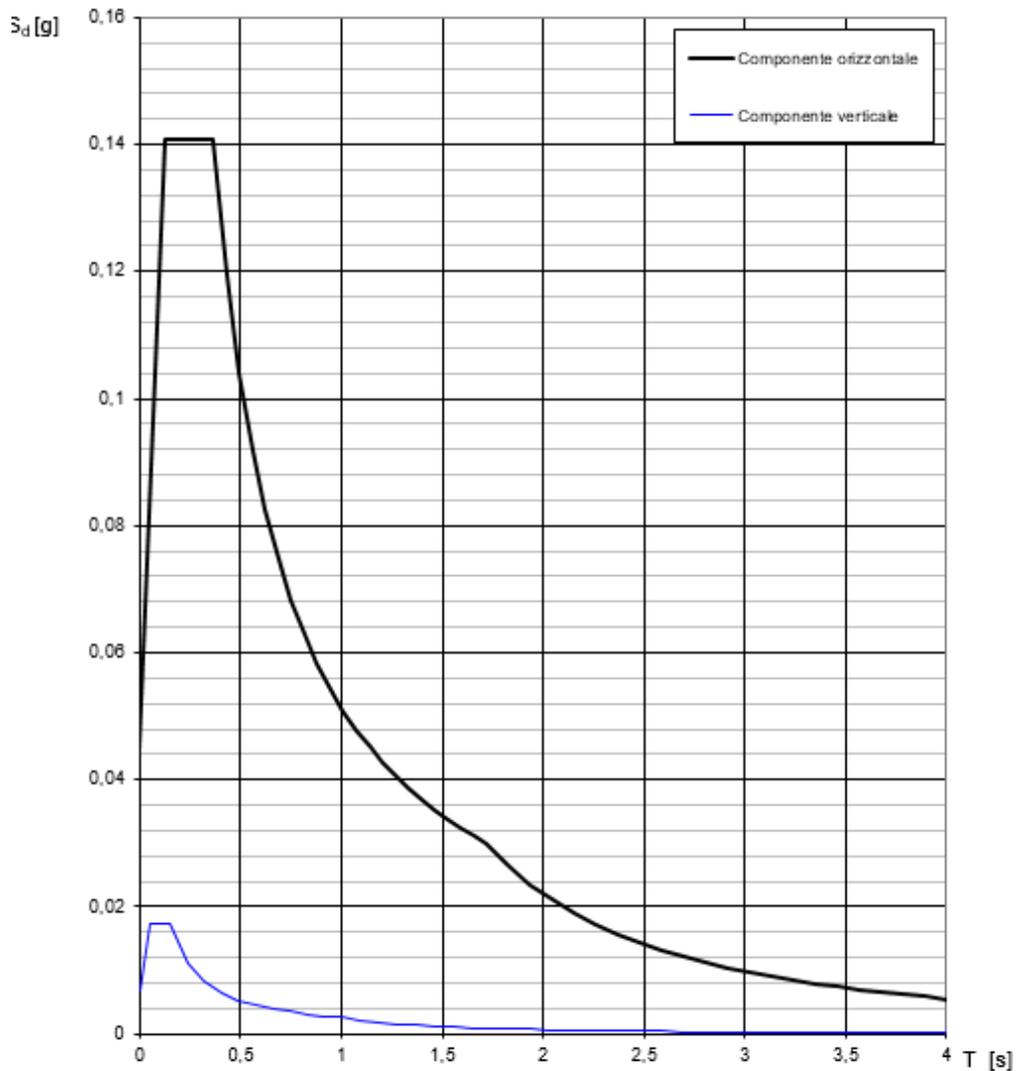
	T [s]	Se [g]
	0,000	0,024
T_B	0,050	0,061
T_C	0,150	0,061
	0,235	0,039
	0,320	0,029
	0,405	0,023
	0,490	0,019
	0,575	0,016
	0,660	0,014
	0,745	0,012
	0,830	0,011
	0,915	0,010
T_D	1,000	0,009
	1,094	0,008
	1,188	0,006
	1,281	0,006
	1,375	0,005
	1,469	0,004
	1,563	0,004
	1,656	0,003
	1,750	0,003
	1,844	0,003
	1,938	0,002
	2,031	0,002
	2,125	0,002
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 10%;">REV.</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">23 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	23 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	23 di 113								

Tabella 10 Parametri spettro di risposta elastico verticale – SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLD



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 6 Spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	24 di 113

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,030 g
F_0	2,525
T_C	0,207 s
S_s	1,500
C_C	1,767
S_T	1,000
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,500
η	1,250
T_B	0,122 s
T_C	0,365 s
T_D	1,719 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,045
T_B	0,122	0,141
T_C	0,365	0,141
	0,430	0,120
	0,494	0,104
	0,559	0,092
	0,623	0,082
	0,687	0,075
	0,752	0,068
	0,816	0,063
	0,881	0,058
	0,945	0,054
	1,010	0,051
	1,074	0,048
	1,139	0,045
	1,203	0,043
	1,268	0,041
	1,332	0,039
	1,397	0,037
	1,461	0,035
	1,526	0,034
	1,590	0,032
	1,654	0,031
T_D	1,719	0,030
	1,828	0,026
	1,936	0,024
	2,045	0,021
	2,153	0,019
	2,262	0,017
	2,371	0,016
	2,479	0,014
	2,588	0,013
	2,697	0,012
	2,805	0,011
	2,914	0,010
	3,022	0,010
	3,131	0,009
	3,240	0,008
	3,348	0,008
	3,457	0,007
	3,566	0,007
	3,674	0,007
	3,783	0,006
	3,891	0,006
	4,000	0,006

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell'

Tabella 11 Parametri spettro di risposta elastico orizzontale – SLD

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	25 di 113

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lirSLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0,007 g
S_a	1,000
S_T	1,000
q	1,000
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,588
S	1,000
η	1,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{gv}}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,007
T_B	0,050	0,017
T_C	0,150	0,017
	0,235	0,011
	0,320	0,008
	0,405	0,006
	0,490	0,005
	0,575	0,005
	0,660	0,004
	0,745	0,004
	0,830	0,003
	0,915	0,003
T_D	1,000	0,003
	1,094	0,002
	1,188	0,002
	1,281	0,002
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Tabella 12 Parametri spettro di risposta elastico verticale – SLD

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>26 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	26 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	26 di 113								

5.5.1 *Determinazione manuale dei torcenti sismici convenzionali di piano (ex. § 7.2.6 NTC '18)*

Le attuali Norme Tecniche per le costruzioni, al paragrafo 7.2.6, richiedono di attribuire un'eccentricità accidentale al baricentro delle masse rispetto alla sua posizione originale, in modo da tener conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella distribuzione delle masse. Questa eccentricità nella normativa viene assunta convenzionalmente pari al 5% della dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione del sisma.

Le combinazioni con eccentricità accidentale vengono prese in considerazione aggiungendo un equivalente momento torcente di piano: questo viene determinato come il prodotto tra le forze statiche di piano e la suddetta eccentricità accidentale. Le forze statiche vengono valutate come forze di inerzia indotte dall'azione sismica, considerando le masse concentrate a livello degli impalcati. Nel modello di calcolo tale azione viene inserita sia con segno positivo sia con segno negativo in modo da massimizzare gli effetti sulla struttura.

Il centro di massa, in ogni direzione considerata, deve essere spostato di una distanza pari al 5% della dimensione dell'edificio in direzione perpendicolare all'azione sismica. A favore di sicurezza, si applicano ad entrambe le strutture i momenti torcenti di entità maggiore.

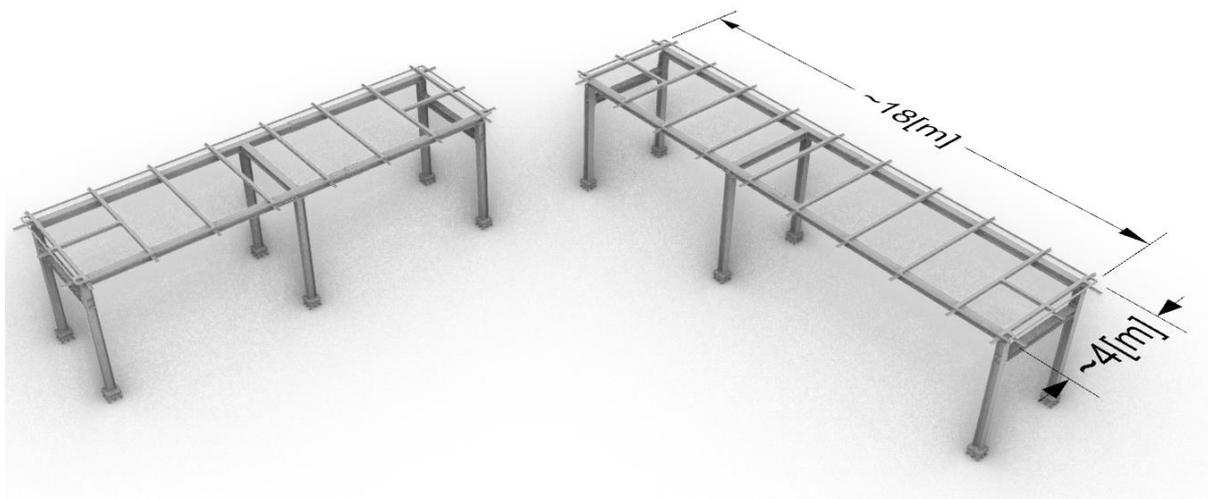


Figura 7 3d edificio

$$e_{ax} = \pm 0.05 \cdot 4 = \pm 0.20[m]$$

$$e_{ay} = \pm 0.05 \cdot 18 = \pm 0.9[m]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">27 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	27 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	27 di 113								

Le forze statiche vengono determinate così come indicato al paragrafo 7.3.3.2 delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018 (*analisi lineare statica*).

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot \frac{W_i}{\sum_j z_j W_j} \quad \text{Forze statiche di piano;} \quad (\text{ex. } \S 7.3.3.2 \text{ NTC 18})$$

$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g$ è la forza di taglio alla base relativa al modo considerato;

F_i è la forza da applicare alla massa i-esima;

W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

z_i e z_j sono le quote, rispetto al piano di fondazione, delle masse i e j;

La massa del piano di copertura viene valutata in ambito sismico secondo la seguente formulazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

dove i carichi permanenti non sono fattorizzati, mentre il coefficiente ψ_{2j} vale 0.0 per il carico neve, vento, temperatura e manutenzione.

Considerando un'area in pianta dell'edificio di circa 72m², si valuta la massa sismica per la copertura.

$$w_{\text{Copertura}} = G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \approx 51 + 36 = 87 [kN]$$

Impalcato	z (m)	Wi (kN)
Copertura	4.5	87

Tabella 10 Masse concentrate a livello degli impalcati in elevazione.

Cautelativamente si assume $S_d(T)$ pari al massimo valore dello spettro di risposta.

Copertura

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.325 \cdot 87 \cdot 1 = 28 [kN] \quad \text{:SLV}$$

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda_i / g = 0.141 \cdot 87 \cdot 1 = 12 [kN] \quad \text{:SLD}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">28 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	28 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	28 di 113								

SLV

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.325g$	
Impalcato	F_i (kN)	e_y (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
Copertura	28	± 0.90	25

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.507g$	
Impalcato	F_i (kN)	e_x (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
copertura	28	± 0.20	5.60

Tabella 11 Momenti torcenti di piano equivalenti ad un'eccentricità del 5% per le combinazioni allo SLV.

SLD

Sisma in direzione x		$S_d(T) = 0.141g$	
Impalcato	F_i (kN)	e_y (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
Copertura	12	± 0.90	10.8

Sisma in direzione y		$S_d(T) = 0.199g$	
Impalcato	F_i (kN)	e_x (m)	$M_t = F_i \cdot e_y$ (kNm)
copertura	12	± 0.20	2.4

Tabella 11 Momenti torcenti di piano equivalenti ad un'eccentricità del 5% per le combinazioni allo SLD.

I momenti torcenti determinati vengono applicati alla copertura della struttura e combinati con le altre azioni in gioco come definito nel capitolo seguente.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">29 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	29 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	29 di 113								

5.6 Combinazione dei carichi

Ai fini delle verifiche degli stati limite i carichi sopra citati sono stati combinati nel seguente modo (ex. § 2.5.3 NTC 18):

- Combinazione quasi permanente (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot Q_{Kj}$$

- Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_Q \cdot \left[Q_{K1} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot Q_{Kj} \right]$$

- Combinazione caratteristica rara (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \left(\sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot Q_{Kj} \right)$$

- Combinazione sismica (SLD - SLV):

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot Q_{Kj}$$

dove: G_1 = carico permanente strutturale (peso proprio struttura)

G_2 = carico permanente non strutturale

Q_{Kj} = carico variabile: Q_{K1} = carico variabile primario

$Q_{K2}; Q_{K3}; \dots$ = carichi variabili secondari

E = azione sismica

$\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}; \gamma_P$ = coefficienti parziali di sicurezza (ex. § 2.6.1 NTC 18)

$\psi_{0j}; \psi_{1j}; \psi_{2j}$ = coefficienti di combinazione (ex. § 2.5.2 NTC 18)

- Coefficienti parziali per i carichi di esercizio:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">30 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	30 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	30 di 113								

- $\gamma_{G1} = 1.3$: coefficiente per i carichi permanenti strutturali
 $\gamma_{G2} = 1.5$: coefficiente per i carichi permanenti non strutturali
 $\gamma_{Qi} = 1.5$: coefficiente per i carichi variabili - SLU

- coefficiente per i carichi variabili ψ_i :

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_0	ψ_{1j}	ψ_{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 ≤ 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, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 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 13 Valori dei coefficienti di combinazione

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">31 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	31 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	31 di 113								

COMBINAZIONI	G1	G2	Q1 _{neve}	Q2 _{man.}	Q3 _{vento}	Q4 _{ΔT}	EX	EY	EZ	Mt(+/-)
Comb. 1 - SLU _{NEVE}	1.3	1.5	1.5	0.0	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 2 - SLU _{MANUTENZIONE}	1.3	1.5	0.75	1.5	0.9	0.9	/	/	/	/
Comb. 3 - SLU _{VENTO}	1.3	1.5	0.75	0.0	1.5	0.9	/	/	/	/
Comb. 4 - SLU _{ΔT}	1.3	1.5	0.75	0.0	0.9	1.5	/	/	/	/
Comb. 5 - SLE _{NEVE}	1.0	1.0	1.0	0.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 6 - SLE _{MANUTENZIONE}	1.0	1.0	0.5	1.0	0.6	0.6	/	/	/	/
Comb. 7 - SLE _{VENTO}	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.6	/	/	/	/
Comb.8 - SLE _{ΔT}	1.0	1.0	0.5	0.0	0.6	1.0	/	/	/	/
Comb. 9 - Quasi perm.	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	/	/	/	/
Comb. 10 - SLV X + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0
Comb. 11 - SLV Y + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	1.0
Comb. 12 - SLV Z + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0
Comb. 13 - SLD X + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.3	1.0
Comb. 14 - SLD Y + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	1.0
Comb. 15 - SLD Z + ecc ^{+/-}	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0

Tabella 14 Combinazioni di carico

Per ottenere un controllo più agevole sui risultati del calcolo sono stati introdotti gli involuipi delle combinazioni esaminate:

INVILUPPO	COMBINAZIONI
SLU	Comb.1 + Comb.2 + Comb.3 + Comb.4
SLE	Comb.5 + Comb.6 + Comb.7 + Comb.8
SLV	Comb.10 + Comb.11 + Comb.12
SLD	Comb.13 + Comb.14 + Comb.15

Tabella 15 Involuppo delle combinazioni di carico

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>32 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	32 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	32 di 113								

6. Modello di calcolo

Il modello di calcolo del capolinea in oggetto è realizzato da elementi tipo 'frame' per simulare le travi e i pilastri in acciaio. Per quanto riguarda la copertura, si adottano elementi tipo 'shell' privi di rigidezza, col solo compito di distribuire in maniera uniforme i carichi in gioco.

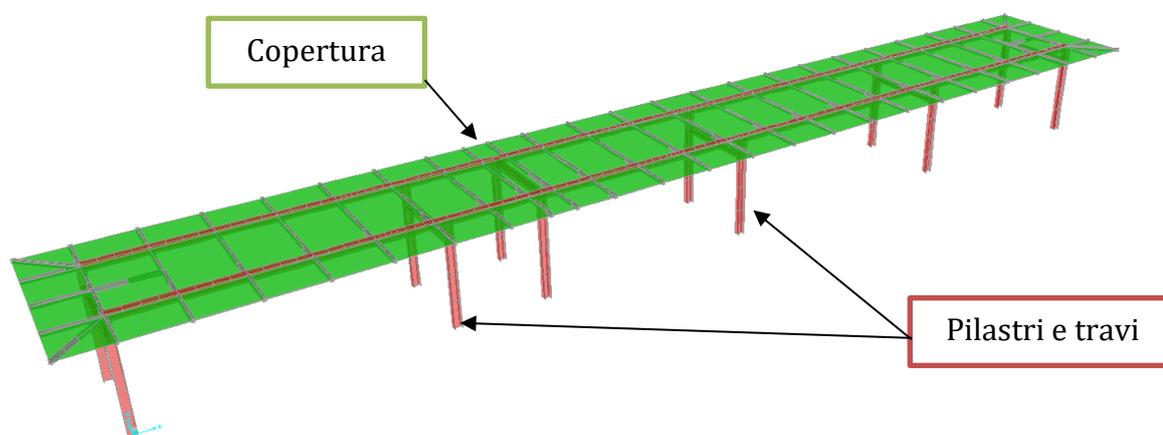


Figura 8 Modello di calcolo carpenteria metallica

Il carico di neve e quello di manutenzione si applicano in maniera uniformemente distribuita sulla copertura, come si evince dall'immagine sottostante.

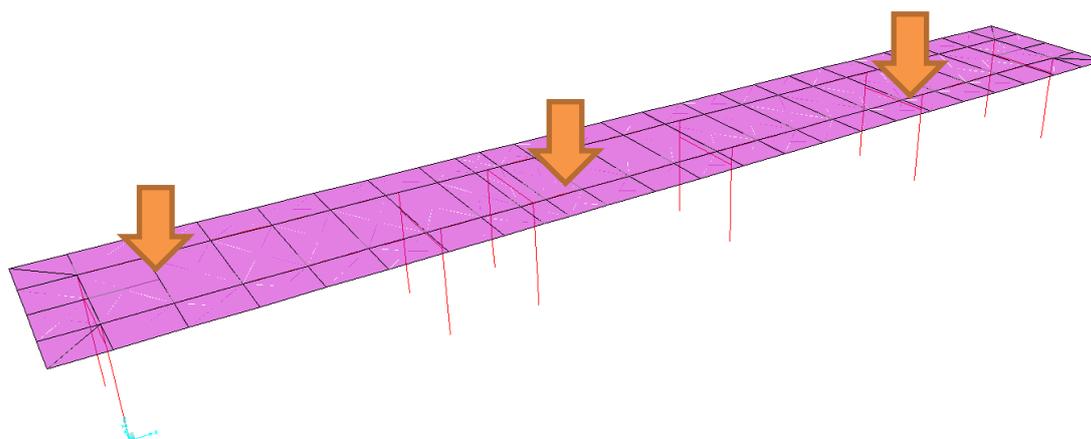


Figura 9 Applicazione carico neve e manutenzione

Il carico vento è invece applicato come riportato in Figura 5.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>33 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	33 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	33 di 113								

7. Analisi dinamica

In prima istanza è necessario valutare il comportamento dinamico della struttura. In accordo con il paragrafo 7.3.3.1 delle NTC'18, l'utilizzo di un'analisi lineare dinamica per la valutazione delle azioni sismiche (analisi modale) richiede di considerare una massa totale partecipante almeno pari all'85% di quella sismica globale. Pertanto, si riportano nel seguito i modi di vibrare della struttura che vengono considerati.

Modo	Periodo	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
N°	[s]	%/100	%/100	%/100	%/100	%/100	%/100
1	0,27	0,00	0,40	0,17	0,0%	40,0%	17,0%
2	0,22	0,38	0,00	0,18	38,0%	40,0%	34,0%
3	0,18	0,00	0,02	0,08	38,0%	42,0%	42,0%
4	0,17	0,49	0,00	0,17	87,0%	42,0%	59,0%
5	0,16	0,00	0,00	0,11	87,0%	42,0%	70,0%
6	0,15	0,00	0,44	0,14	87,0%	87,0%	84,0%
7	0,13	0,00	0,06	0,01	87,0%	92,0%	85,0%
8	0,12	0,06	0,00	0,02	93,0%	92,0%	86,0%
9	0,11	0,00	0,01	0,07	93,0%	93,0%	93,0%
10	0,07	0,00	0,02	0,01	93,0%	95,0%	94,0%
11	0,05	0,00	0,01	0,01	94,0%	95,0%	95,0%
12	0,04	0,02	0,00	0,00	96,0%	95,0%	95,0%

Tabella 16 Modi di vibrare e percentuale di massa partecipante

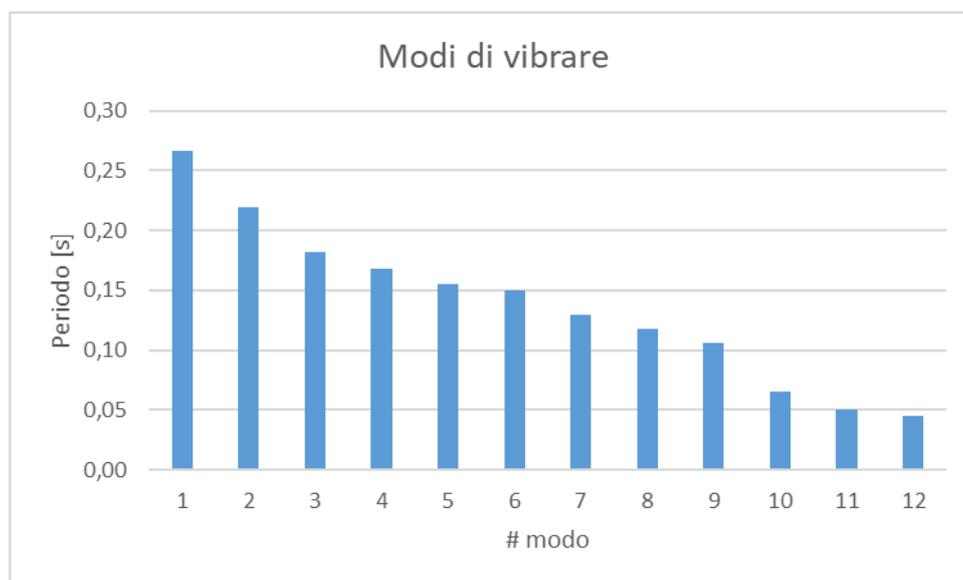


Tabella 17 Modi di vibrare

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4300106

REV.

A

FOGLIO

34 di 113

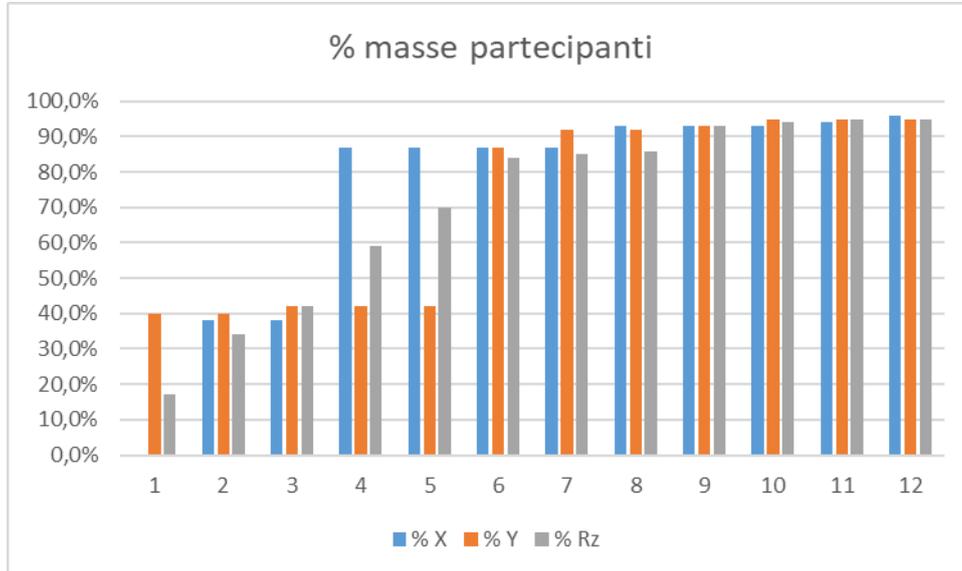


Tabella 18 Percentuali di massa partecipante

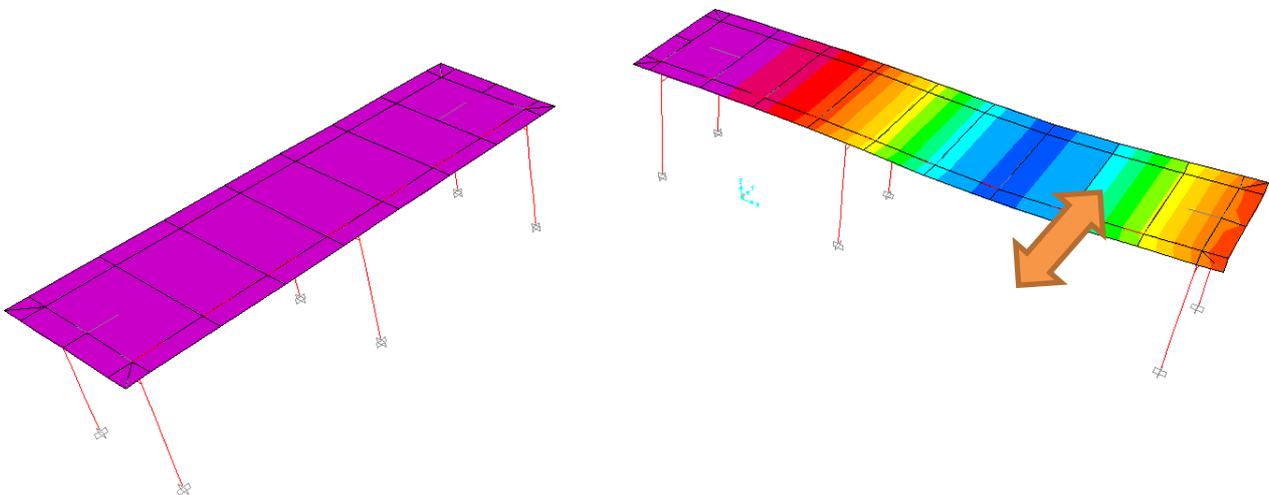


Figura 10 Primo modo di vibrare

NOME DOCUMENTO
AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	35 di 113

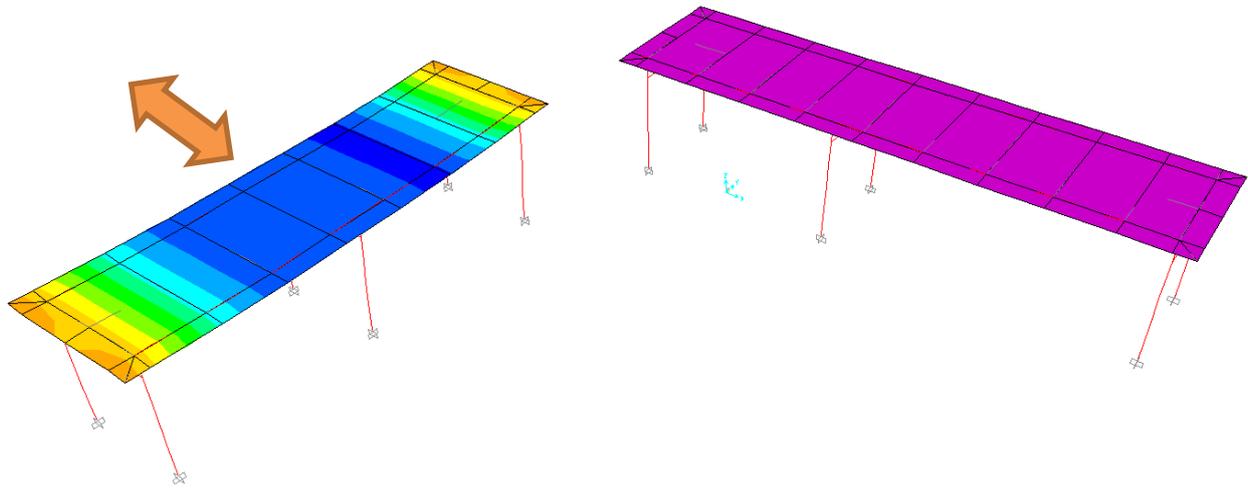


Figura 11 Secondo modo di vibrare

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4300106

REV.

A

FOGLIO

36 di 113

8. Verifiche di resistenza – carpenteria metallica

Nel seguito si riportano le verifiche di resistenza di tutti gli elementi strutturali.

8.1 Profilo HEB 260

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni ottenute dall'involuppo delle due combinazioni di carico che si assumono per la verifica dei profili metallici: SLU ed SLV.

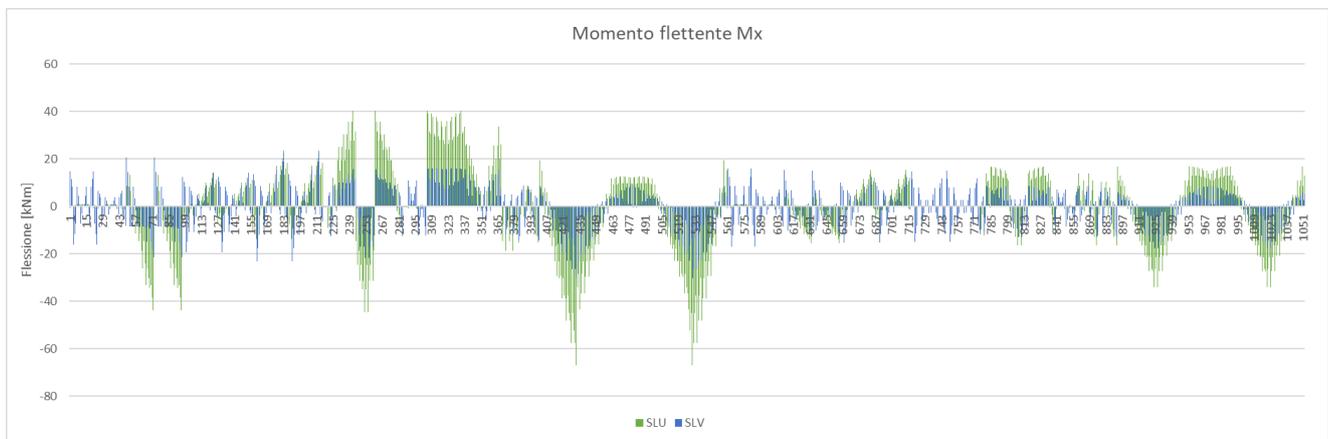


Tabella 19 Flessione Mx

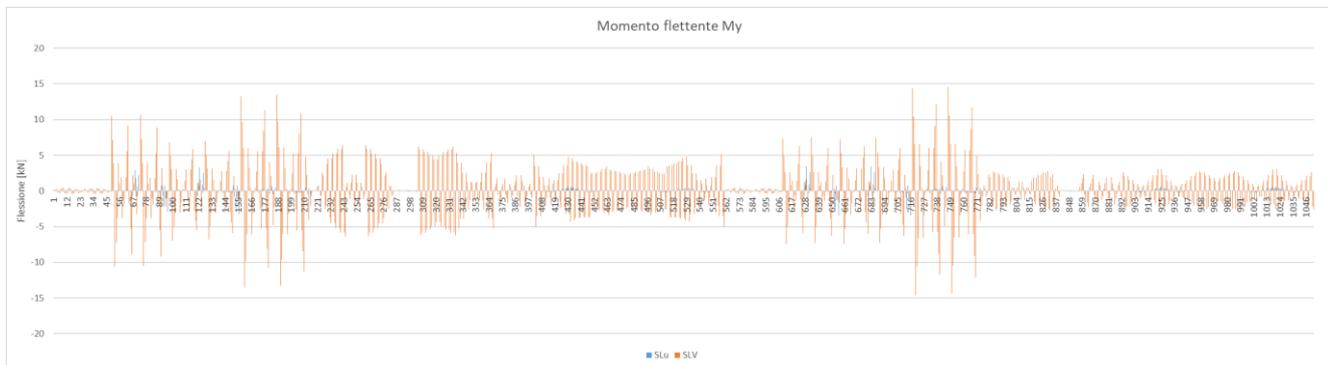
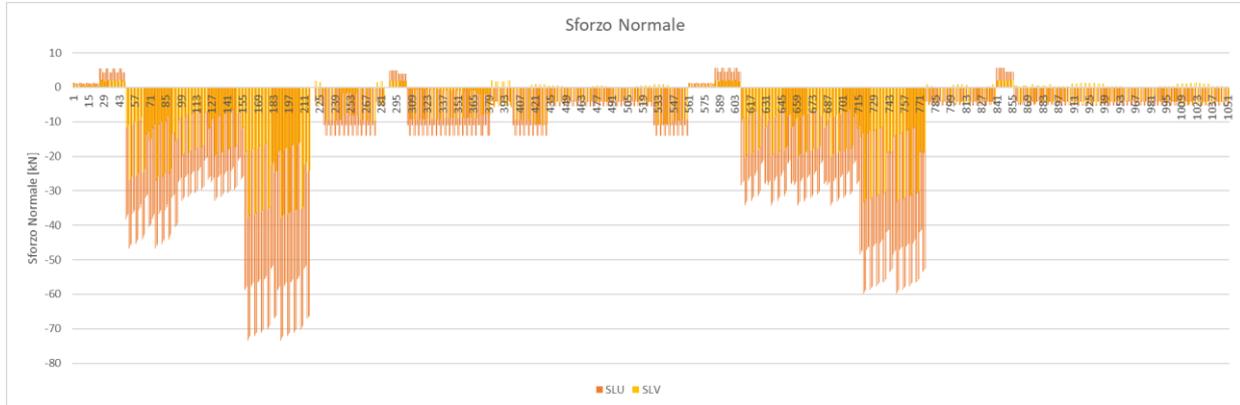


Tabella 20 Flessione My

NOME DOCUMENTO

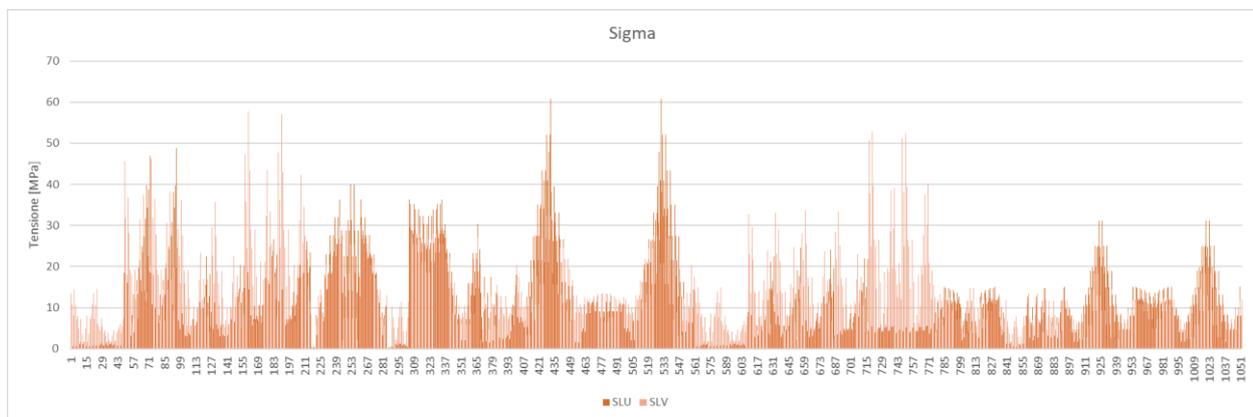
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	37 di 113


Tabella 21 Sforzo normale

Ai fini della verifica dei profili in oggetto, si assume il seguente criterio di verifica.

$$\sigma = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} + \frac{N}{A} < f_{yd}$$


Tabella 22 Tensioni massime

Come si evince dal grafico sopra, le tensioni massime risultano inferiori alla tensione di progetto dell'acciaio S355 (si rimanda al paragrafo 3.3 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio). Pertanto si può affermare come le verifiche tensionali per il profilo HEB 260 risultino soddisfatte.

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4300106

REV.

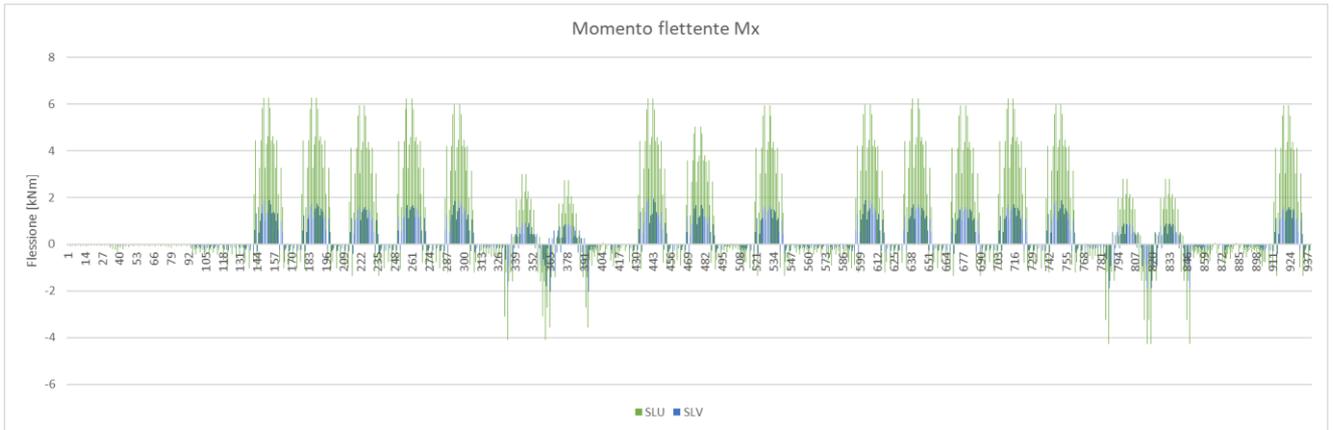
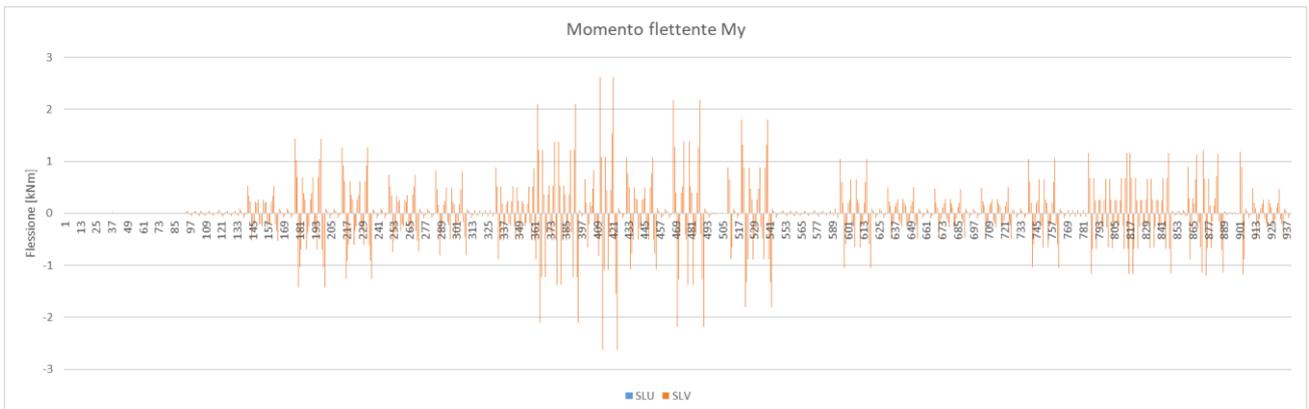
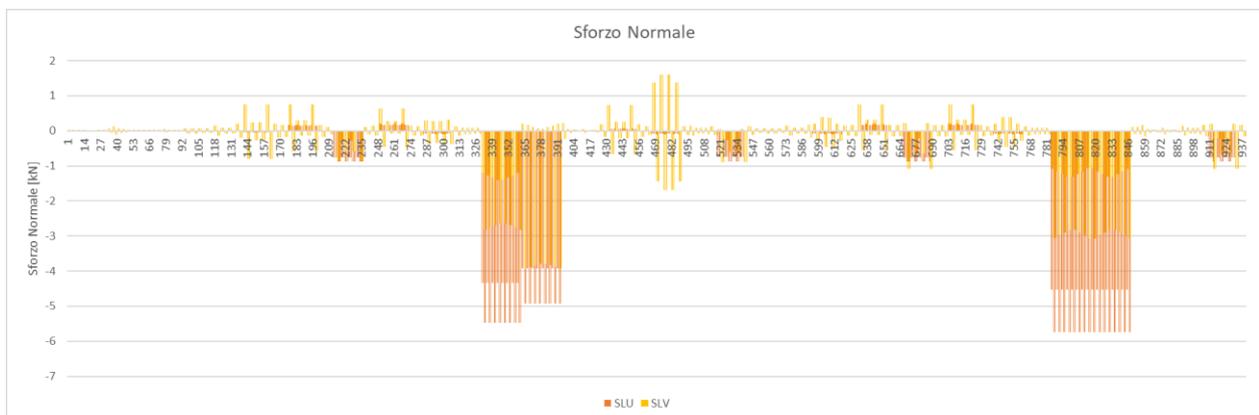
A

FOGLIO

38 di 113

8.2 Profilo HEB 120

Nelle seguenti tabelle si riportano le sollecitazioni ottenute dall'involuppo delle due combinazioni di carico che si assumono per la verifica dei profili metallici: SLU ed SLV.


Tabella 23 Flessione Mx

Tabella 24 Flessione My

Tabella 25 Sforzo normale

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">39 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	39 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	39 di 113								

Ai fini della verifica dei profili in oggetto, si assume il seguente criterio di verifica.

$$\sigma = \frac{M_x}{w_x} + \frac{M_y}{w_y} + \frac{N}{A} < f_{yd}$$

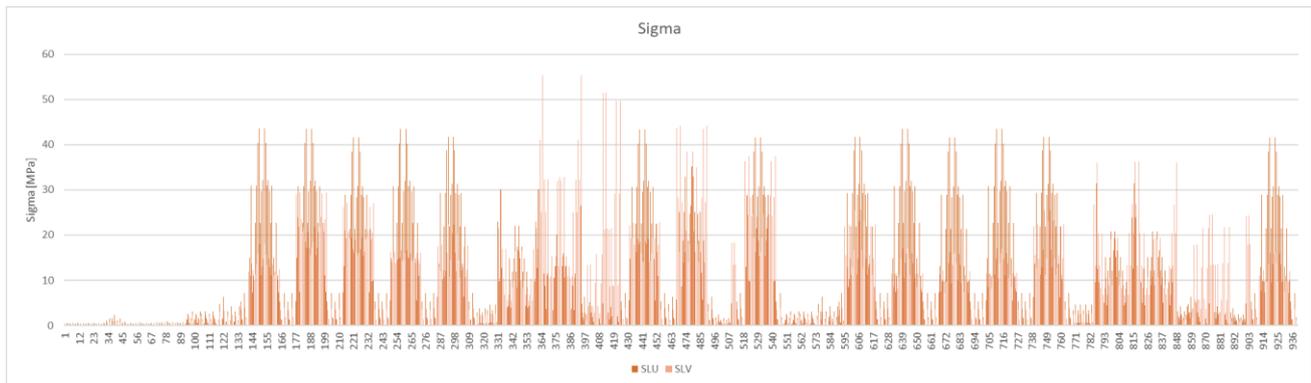


Tabella 26 Tensioni massime

Come si evince dal grafico sopra, le tensioni massime risultano inferiori alla tensione di progetto dell'acciaio S355 (si rimanda al paragrafo 3.3 per le caratteristiche meccaniche dell'acciaio). Pertanto si può affermare come le verifiche tensionali per il profilo HEB 120 risultino soddisfatte.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)					
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	COMMESSA E21D	LOTTO 00 D Z3	CODIFICA RH	DOCUMENTO FA4300106	REV. A	FOGLIO 40 di 113

9. Verifiche di deformazione

In esercizio, combinazione di carico SLE, è possibile determinare il massimo spostamento verticale della copertura.

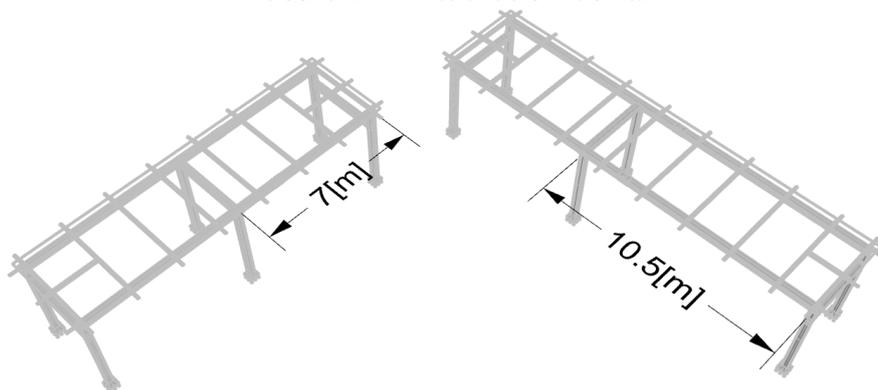
Per coperture in generale, il limite imposto da Normativa è pari a $L/200$. Nel caso in oggetto la luce 'L' viene assunta pari alla massima distanza fra i pilastri.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tabella 27 Limite di deformabilità



$$\delta_{max-1} = 700 / 200 = 3.5[cm]$$

$$\delta_{max-2} = 1050 / 200 = 5.25[cm]$$

(ok, verificato)

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	41 di 113

COMB.5 - SLE neve

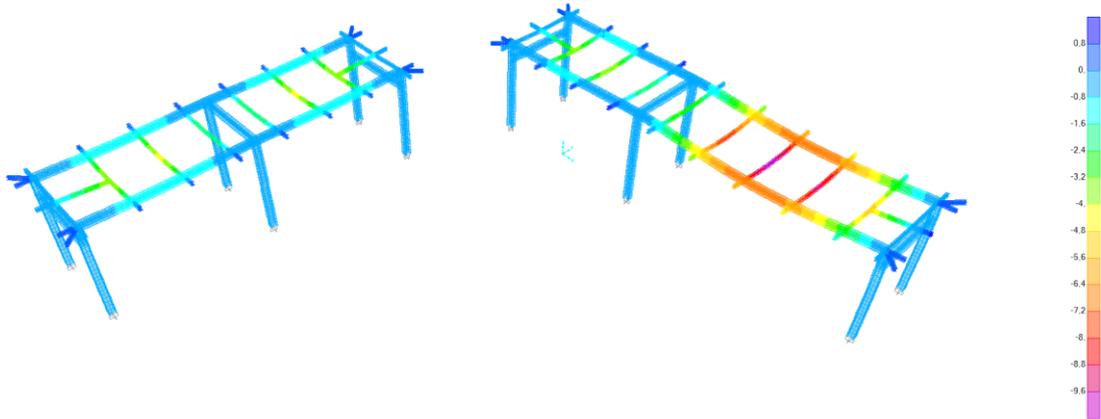


Figura 12 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 4[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 9.6[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

COMB.6 - SLE manutenzione

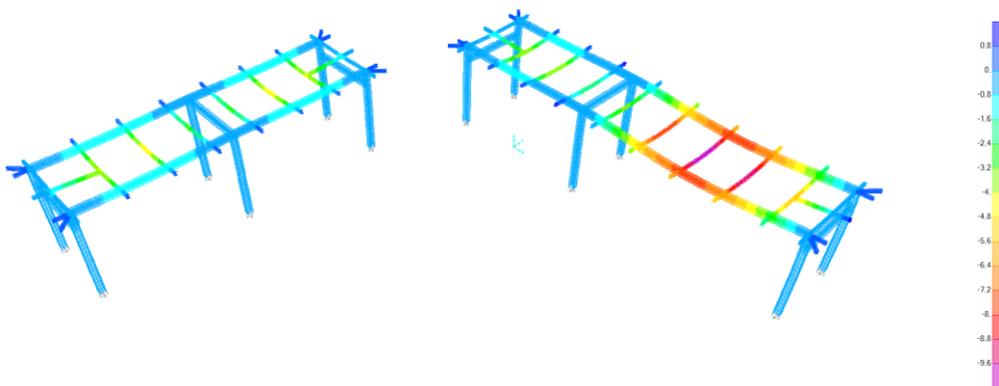


Figura 13 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 4.5[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 9.6[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

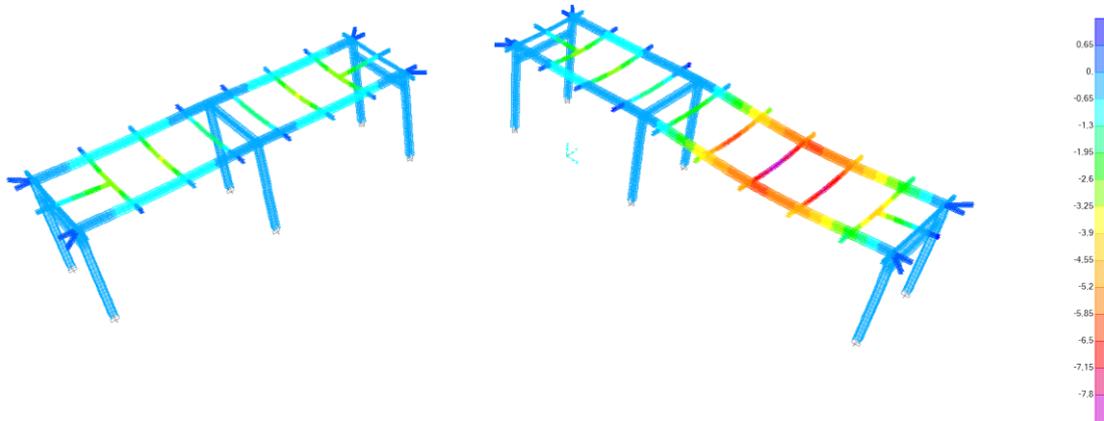
00 D Z3

RH

FA4300106

A

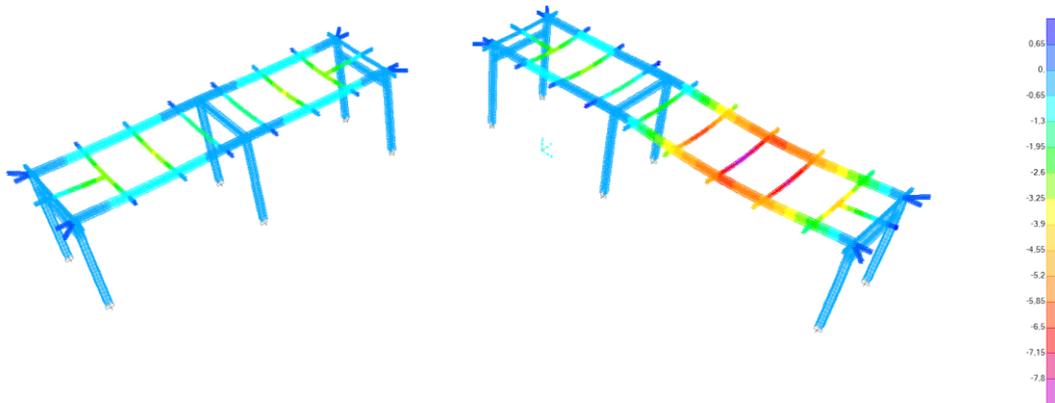
42 di 113

COMB.7 – SLE vento

Figura 14 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 3.2[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 7.8[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]
COMB.8 – SLE Temp

Figura 15 Deformazione verticale [mm]

$$\delta_{comb-1} = 3.2[mm] < \delta_{max-1}$$

[ok, verificato]

$$\delta_{comb-2} = 7.8[mm] < \delta_{max-2}$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>43 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	43 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	43 di 113								

10. Verifica delle connessioni

10.1 Connessione Pilastro-trave

La trave di raccordo fra i pilastri risulta collegata con 4 bulloni M24 alla trave principale.

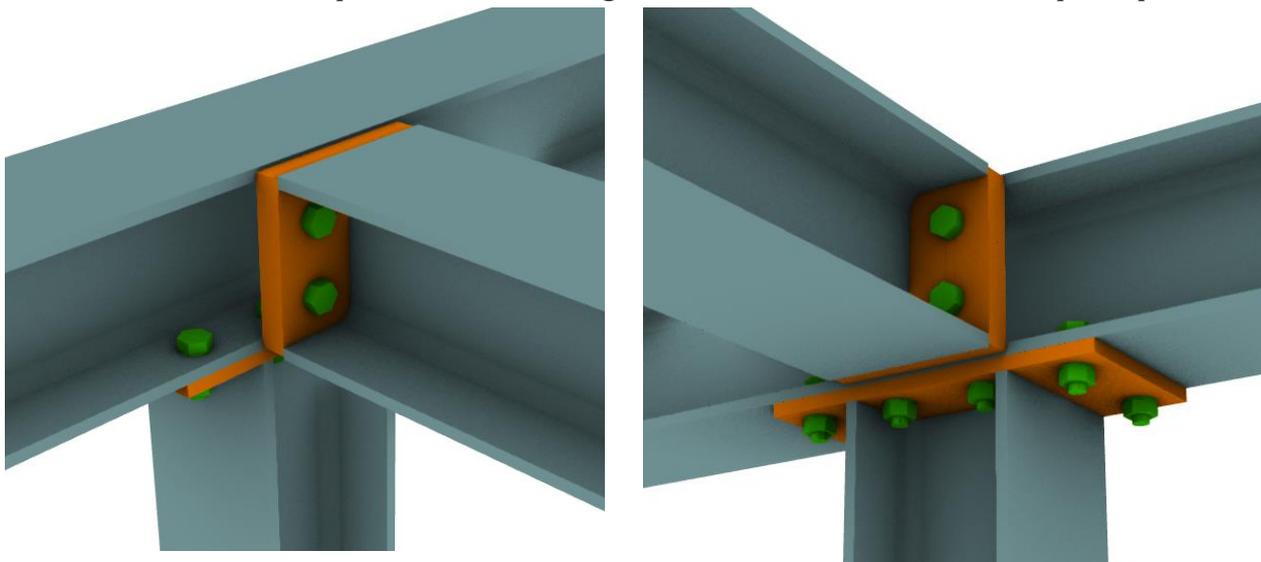


Tabella 28 3d views

L'unione bullonata di collegamento fra le travi è sollecitata sia a flessione che taglio. I valori massimi delle sollecitazioni fra le combinazioni di involucro SLU ed SLV sono riportati nel seguito.

Sollecitazione	Valore
Flessione Mx	15 [kNm]
Taglio Vy	10 [kN]

Tabella 29 Sollecitazioni connessione bullonata

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	44 di 113

Verifica C.A. S.L.U. - File: sezione trave

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

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	26	25	1	9,05	7
			2	9,05	18

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

Materiali
 B450C C25/30

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 1 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

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

σ_c -22,22 N/mm²
 σ_s 90,98 N/mm²
 ϵ_s 0,4549 ‰
 d 18 cm
 x 3,533 x/d 0,1963
 δ 0,7

Verifica N° iterazioni: 5
 Precompresso

Verifica a trazione

$$\sigma_s = 90[MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{90[MPa] \cdot 9,05[cm^2]}{2} = 40[kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 90[kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0,44 < 1,0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio

$$V = V' / 4 = 2,5[kN]$$

[taglio su singola barra]

$$F_{v,Rd} = 50,2[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0,05 < 1,0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} = 0,15 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>45 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	45 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	45 di 113								

10.2 Connessione d'angolo pilastro-trave

Negli angoli le travi di copertura si collegano sulla sommità dei pilastri come evidenziato nella seguente immagine.

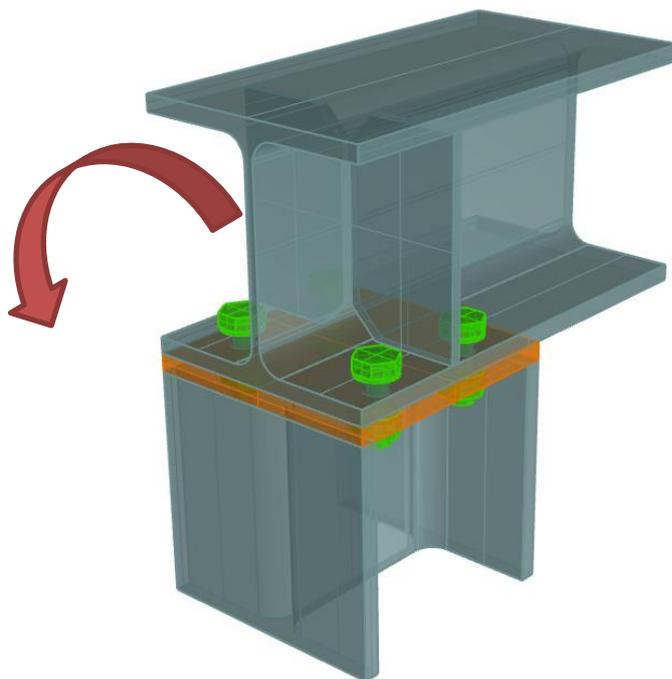


Tabella 30 Viste 3d

La connessione in oggetto, composta da 4M24, è sollecitata a flessione.

Sollecitazione	Valore
Flessione M_x	44 [kNm]

Tabella 31 Sollecitazioni connessione bullonata

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	46 di 113

Verifica C.A. S.L.U. - File: sopra pilò

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

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	26	26	1	9,05	7
			2	9,05	18

Tipologia Sezione
 Rettang. re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} 44 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] x/N y/N

Materiali
 B450C C25/30

ε _{su} 67,5 ‰	ε _{c2} 2 ‰	σ _c -65,18 N/mm ²
f _{yd} 391,3 N/mm ²	ε _{cu} 3,5 ‰	σ _s 266,9 N/mm ²
E _s 200.000 N/mm ²	f _{cd} 14,17	
E _s /E _c 1	f _{cc} /f _{cd} 0,8	ε _s 1,334 ‰
ε _{syd} 1,957 ‰	σ _{c,adm} 9,75	d 18 cm
σ _{s,adm} 255 N/mm ²	τ _{co} 0,6	x 3,533 x/d 0,1963
	τ _{c1} 1,829	δ 0,7

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

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Verifica a trazione

$$\sigma_s = 266 [MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} = \frac{266 [MPa] \cdot 9,05 [cm^2]}{2} = 120 [kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 203 [kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0,59 < 1,0$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">47 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	47 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	47 di 113								

10.3 Verifica della connessione in fondazione

Ciascun pilastro si collega alla fondazione sottostante tramite una piastra saldata di spessore 30[mm] e 8 tirafondi realizzati da barre M24.

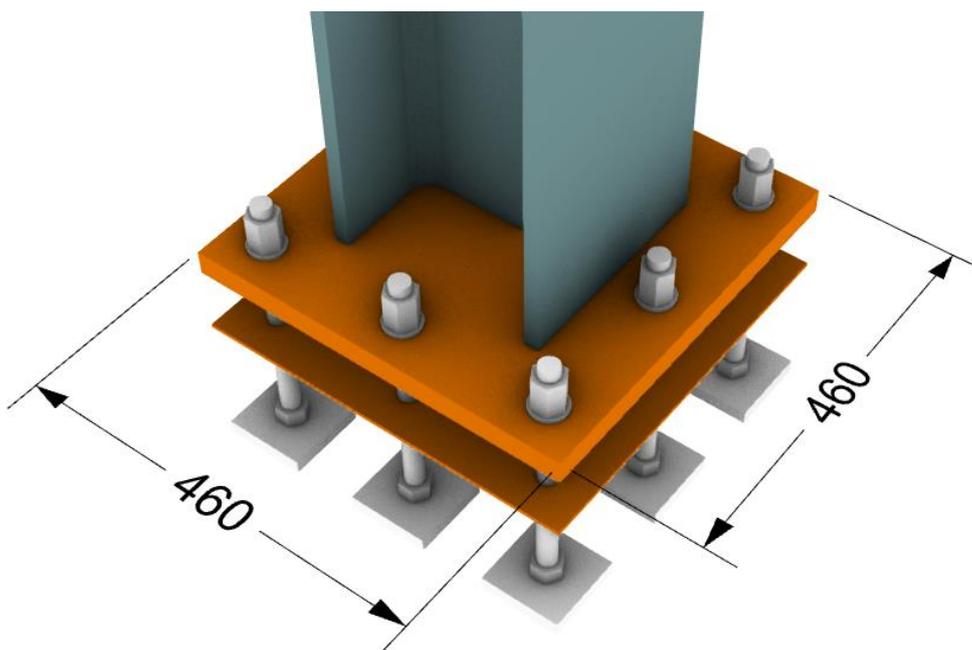


Figura 16 Vista 3d

La connessione è sollecitata da azioni di compressione, taglio e flessione. Nella seguente tabella si riportano i massimi valori determinabili dall'involuppo delle combinazioni SLU ed SLV. A favore di sicurezza, le sollecitazioni sotto riportate si assumono agenti contemporaneamente sulla stessa connessione.

Sollecitazione	Valore
Compressione	73 [kN]
Flessione Mx	23 [kNm]
Flessione My	17 [kNm]
Taglio Vx	7 [kN]
Taglio Vy	13 [kN]

Tabella 32 Sollecitazioni connessione in fondazione

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>48 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	48 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	48 di 113								

10.3.1 Verifica della carpenteria metallica

Tramite un modello di calcolo agli elementi finiti si analizzano le sollecitazioni massime sulla connessione maggiormente sollecitata. A favore di sicurezza, la compressione viene assunta pari a zero.

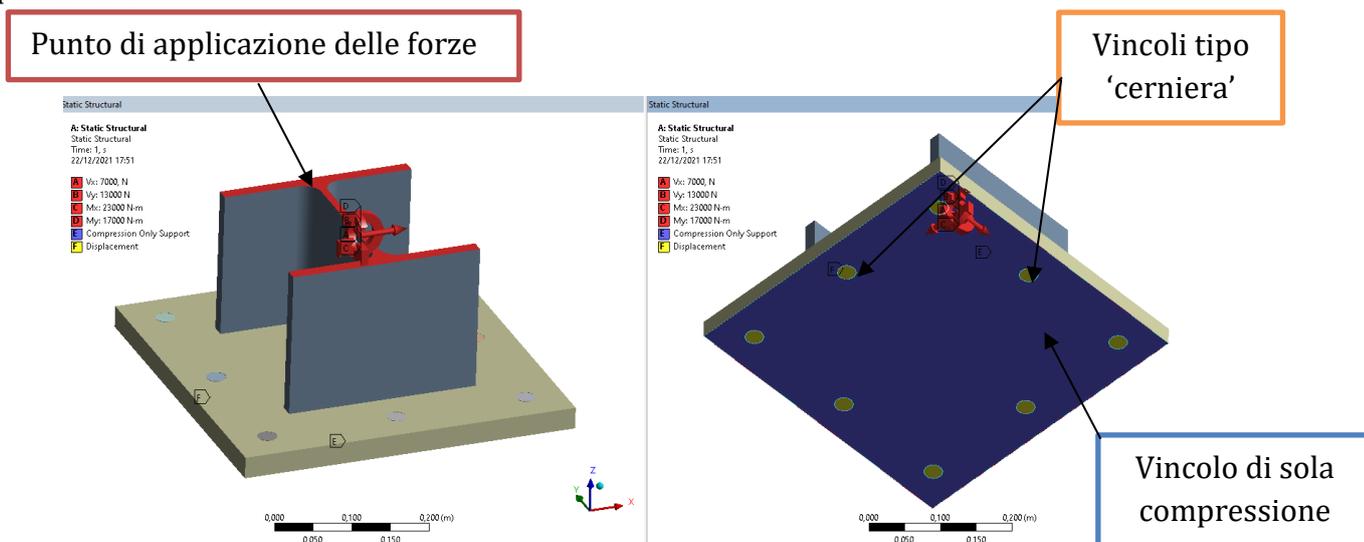


Figura 17 Modello di calcolo

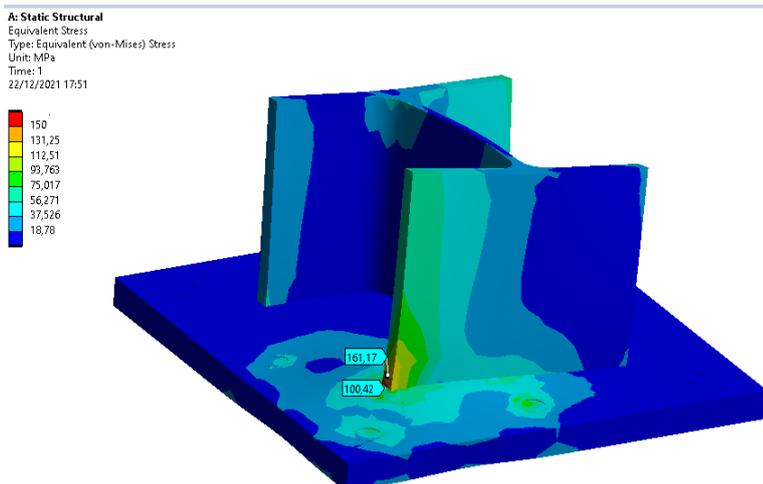


Figura 18 Tensioni di VonMises

$$\sigma_{VonMises} = 160 [MPa]$$

$$f_{ywd} = 338 [MPa]$$

$$\sigma_{VonMises} / f_{ywd} = 0.47 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>49 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	49 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	49 di 113								

10.3.2 Verifica dei tirafondi

I tirafondi sono realizzati da 8 barre filettate M24. La barra maggiormente sollecitata è caricata sia da azioni di trazione che di taglio.

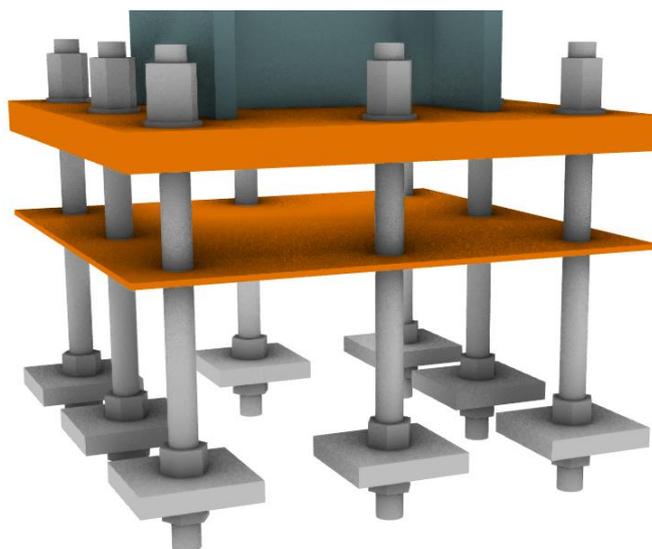


Figura 19 Vista 3d

NOME DOCUMENTO
 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	50 di 113

Verifica C.A. S.L.U. - File: VCAASLU

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

TITOLO : _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 8 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	46
3	46	46
4	46	0

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	4,52	5	5
2	4,52	23	5
3	4,52	41	5
4	4,52	5	23
5	4,52	41	23
6	4,52	5	41

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 17 kNm

Materiali
 B450C C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{c1} 1,829

σ_c -2,982 N/mm²
 σ_s 63,88 N/mm²

ε_s 0,3194 ‰
 d 57,07 cm
 x 23,51 x/d 0,4119
 δ 0,9548

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

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Verifica a trazione

$$\sigma_s = 63[MPa]$$

$$T = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2} =$$

$$= 63[MPa] \cdot 4.52[cm^2] = 28[kN]$$

[trazione massima]

$$F_{t,Rd} = 203[kN]$$

[trazione resistente - rif. Tabella 1]

$$T / F_{t,Rd} = 0.14 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio

$$V = \frac{\sqrt{V_x^2 + V_y^2}}{8} = 1.8[kN]$$

[taglio su singola barra]

$$F_{v,Rd} = 135[kN]$$

[taglio resistente - rif. Tabella 1]

$$V / F_{v,Rd} = 0.01 < 1.0$$

[ok, verificato]

Verifica a taglio - trazione

$$\frac{V}{F_{v,Rd}} + \frac{T}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} = 0.10 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>51 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	51 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	51 di 113								

Resistenza estrazione barra di ancoraggio

$$f_{bd} = f_{bk} / 1.5 = 2.69[MPa]$$

$$L = 340[mm]$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r = 75[mm]$$

$$\tau = \frac{T}{P \cdot L} = \frac{28[kN]}{75[mm] \cdot 340[mm]} = 1.09[MPa]$$

$$\tau / f_{bd} = 0.40 < 1$$

[ok, verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>52 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	52 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	52 di 113								

11. Verifica delle fondazioni- modello Degola 1

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche inerenti alla sola struttura di fondazione intese come:

- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono svolte come previsto dalla NTC del 2018 al punto 6.4.3.1 seguendo la combinazione di calcolo:

A1+M1+R3

Si precisa come la relazione geologica a nostra disposizione non riporti delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate nei seguenti punti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">53 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	53 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	53 di 113								

11.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Le caratteristiche meccaniche del terreno presente in sito sono le seguenti:

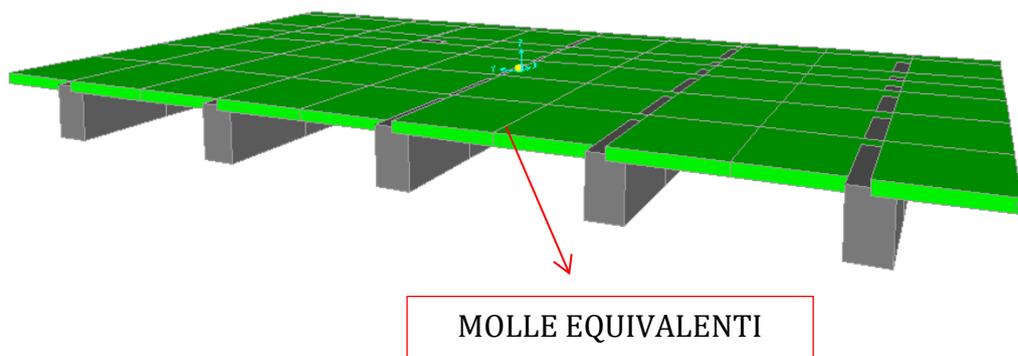
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	E_{ed} [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Vista la presenza di un terreno principalmente a grana fine, si ritiene opportuno considerare la posizione della falda alla quota del piano di posa della fondazione.

11.2 Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler

La fondazione dell'opera è analizzata mediante apposito modello agli elementi finiti in cui i vincoli di incastro perfetto sono sostituiti da apposite molle dotate di opportuna rigidità a simulare l'iterazione tra travi di fondazione ed il terreno. Si riporta nell'immagine sottostante la fondazione impiegata:



L'iterazione tra la struttura di fondazione e il terreno è stata condotta tramite il modello di Winkler. Il calcolo della rigidità da assegnare alla molla è condotto calcolando prima il cedimento medio al di sotto del centro della fondazione. Noto il cedimento si calcola la rigidità della molla con il rapporto tra il carico distribuito presente sulla platea ed il cedimento

$$K_w = \frac{\Delta q_{slu}}{W}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>54 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	54 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	54 di 113								

11.2.1 Calcolo della costante elastica di Winkler

Considerando la combinazione quasi permanente è presente in fondazione, in corrispondenza del baricentro delle masse della sovrastruttura, un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
quasi permanente	Combination	-2.029E-13	-9.294E-16	98.0088	-0.46842	1.00574

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 98 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,slu} = -0.47 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,slu} = 1.06 \text{ [tonm]}$$

Tale risultante dei carichi è desunta considerando sulla fondazione la presenza:

- Pensilina del capolinea
- Box sottostanti alla pensilina del capolinea

La fondazione è composta da travi spesse 60 cm e profonde circa 100 cm collegate in testa mediante soletta in calcestruzzo spessa 20 cm non appoggiata a terra. Il piano di posa della fondazione è posto a quota -1.40 m dal piano campagna. Il terreno su cui poggia la fondazione è composto principalmente da terreno coesivo. Il calcolo dei cedimenti avviene mediante il metodo Edometrico. Si riporta la stratigrafia ipotizzata per il sito di costruzione dell'opera:

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	55 di 113

Stratigrafie

N	Descrizione	falda [m]	Strati
1	Tipo A		0 1 strati: Htot =15

Strati stratigrafia Tipo A (1 strati: Htot =15)

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	Eed [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Si riporta il calco del cedimento:

N/cm ³	fondazione	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]		
0	Trave 1						
sez.0	4	1	84190	74358	9832	9.9575	8.4549
0	Trave 1						
sez.1	4	1	84200	74368	9832	9.9588	8.4548
0	Trave 1						
sez.2	4	1	84209	74377	9832	9.9596	8.455
0	Trave 2						
sez.0	4	1	84210	74378	9832	9.9598	8.4549
0	Trave 2						
sez.1	4	1	84211	74379	9832	9.96	8.4548
0	Trave 2						
sez.2	4	1	84210	74378	9832	9.9598	8.455
0	Trave 3						
sez.0	4	1	84209	74377	9832	9.9596	8.455
0	Trave 3						
sez.1	4	1	84206	74374	9832	9.9593	8.455
0	Trave 3						
sez.2	4	1	84201	74369	9832	9.9586	8.455
0	Trave 4						
sez.0	4	1	87169	77337	9832	10.418	8.3672
0	Trave 4						
sez.1	4	1	87181	77349	9832	10.42	8.3667
0	Trave 4						
sez.2	4	1	87177	77345	9832	10.418	8.3677
0	Trave 5						
sez.0	4	1	87174	77342	9832	10.418	8.3674
0	Trave 5						
sez.1	4	1	87170	77338	9832	10.418	8.3674
0	Trave 5						
sez.2	4	1	87165	77333	9832	10.417	8.3677
0	Trave 6						
sez.0	4	1	87118	77286	9832	10.412	8.3672
0	Trave 6						
sez.1	4	1	87131	77299	9832	10.414	8.3668
0	Trave 6						
sez.2	4	1	87162	77330	9832	10.417	8.3676
0	Trave 7						
sez.0	4	1	94485	84653	9832	11.498	8.2176
0	Trave 7						
sez.1	4	1	94604	84772	9832	11.512	8.2181
0	Trave 7						
sez.2	4	1	94752	84919	9832	11.529	8.2188
0	Trave 8						
sez.0	4	1	94720	84888	9832	11.525	8.2186
0	Trave 8						

NOME DOCUMENTO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	56 di 113

sez.1 0	4 Trave 8	1	94670	84837	9832	11.519	8.2185
sez.2 0	4 Trave 9	1	94612	84780	9832	11.512	8.2183
sez.0 0	4 Trave 9	1	93590	83758	9832	11.394	8.214
sez.1 0	4 Trave 9	1	93892	84060	9832	11.429	8.2151
sez.2 0	4 Trave 10	1	94411	84579	9832	11.489	8.2173
sez.0 0	4 Trave 10	1	89146	79314	9832	10.649	8.3715
sez.1 0	4 Trave 10	1	89201	79369	9832	10.656	8.3708
sez.2 0	4 Trave 11	1	89195	79363	9832	10.654	8.3723
sez.0 0	4 Trave 11	1	89184	79352	9832	10.652	8.3721
sez.1 0	4 Trave 11	1	89169	79337	9832	10.651	8.372
sez.2 0	4 Trave 12	1	89150	79318	9832	10.648	8.3723
sez.0 0	4 Trave 12	1	88909	79077	9832	10.621	8.3713
sez.1 0	4 Trave 12	1	88984	79152	9832	10.63	8.3712
sez.2 0	4 Trave 13	1	89117	79285	9832	10.645	8.372
sez.0 0	4 Trave 13	1	85254	75422	9832	10.083	8.4556
sez.1 0	4 Trave 13	1	85258	75426	9832	10.083	8.4554
sez.2 0	4 Trave 14	1	85258	75426	9832	10.083	8.4558
sez.0 0	4 Trave 14	1	85257	75425	9832	10.083	8.4558
sez.1 0	4 Trave 14	1	85254	75422	9832	10.082	8.4558
sez.2 0	4 Trave 15	1	85248	75416	9832	10.082	8.4558
sez.0 0	4 Trave 15	1	85220	75388	9832	10.078	8.4556
sez.1 0	4 Trave 15	1	85236	75404	9832	10.081	8.4555
sez.2 0	4 Trave 15	1	85251	75419	9832	10.082	8.4557

Nella tabella precedente si riporta il carico agente su ciascuna trave, il relativo cedimento calcolato con anche il valore di rigidezza della molla. Tali valori di rigidezza sono assegnati alle travi di fondazione:

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

E21D

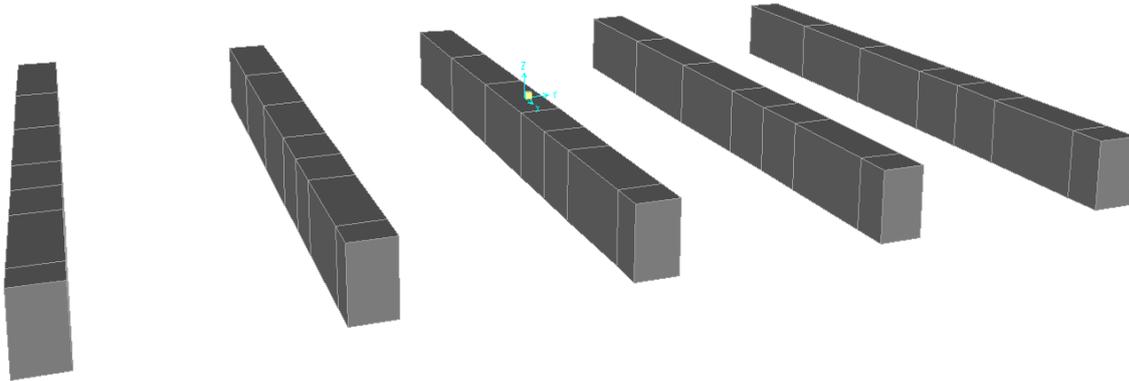
00 D Z3

RH

FA4300106

A

57 di 113



La costante di Winkler mediata tra tutte le travi è circa la seguente:

$$K_w = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0.8 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

11.3 Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile

Al presente punto si riporta il confronto tra il modello con fondazione rigida (vincoli di incastro perfetto) con cui si sono valutate le sollecitazioni sulla struttura in elevazione ed il modello con fondazione flessibile (vincoli con molle) con cui si verifica la struttura di fondazione. Prima di procedere in questo modo la NTC del 2018 richiede al punto 7.2.6 punto b) che la risultante di

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">58 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	58 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	58 di 113								

taglio alla base e di sforzo normale calcolata con la fondazione flessibile deve essere almeno pari al 70% della risultante di taglio alla base e sforzo normale calcolati con modello di calcolo con fondazione rigida e spettro di riposta con suolo di tipo A. Si dimostra nel seguito il rispetto di tale disuguaglianza:

Fondazione rigida:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione rigida sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	1.7179	0.6397	253.889
SISMA X	Combination	Min	-1.7179	-0.6397	253.8208
SISMA Y	Combination	Max	0.5595	1.8474	253.8835
SISMA Y	Combination	Min	-0.5595	-1.8474	253.8263

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 1.84 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,rigida}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 1.93 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 253 \text{ [ton]}$$

Fondazione flessibile:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione flessibile sono i seguenti:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>59 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	59 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	59 di 113								

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	4.0786	1.3755	253.889
SISMA X	Combination	Min	-4.0786	-1.3755	253.8208
SISMA Y	Combination	Max	1.3164	3.7784	253.8835
SISMA Y	Combination	Min	-1.3164	-3.7784	253.8263

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 4.18 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 3.84 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 253 \text{ [ton]}$$

Il limite posto da NTC del 2018 posto pari al 70% delle risultanti di taglio alla base e sforzo normale è rispettato in quanto le sollecitazioni ottenute con la fondazione flessibile sono superiori a quelle ottenute con fondazione rigida e spettro di risposta con terreno di tipo A.

11.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Nel presente capitolo si riportano le verifiche strutturali e geotecniche richieste da NTC del 2018.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COMMESSA</th> <th style="width: 15%;">LOTTO</th> <th style="width: 15%;">CODIFICA</th> <th style="width: 15%;">DOCUMENTO</th> <th style="width: 15%;">REV.</th> <th style="width: 15%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">60 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	60 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	60 di 113								

11.4.1 Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)

Le verifiche geotecniche consistono in:

- Verifica capacità portante della fondazione
- Verifica a scorrimento
- Verifica dei cedimenti (metodo edometrico).

11.4.1.1 Verifica di Portanza della fondazione

Il calcolo della portanza viene condotta a lungo termine in condizioni drenate per quanto riguarda la combinazione allo stato limite ultimo e nel breve termine in condizioni non drenate per la combinazione sismica allo stato limite di salvaguardia della vita. Le sollecitazioni massime ottenute sulla fondazione sono calcolate allo stato limite ultimo e di salvaguardia della vita.

- SLU
- SLV

11.4.1.1.1 Verifica di Portanza della fondazione allo SLU-CONDIZIONE DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni drenate. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:

Il q_{lim} cioè la capacità portante del terreno dove poggia la fondazione è valutato mediante la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q)$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">61 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	61 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	61 di 113								

Il terreno di posa della fondazione ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Base della fondazione $B = 0.60 \text{ m}$
- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno $\varphi = 25^\circ$
- coesione efficace $c' = 0.08 \text{ t/mq}$

Il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza dal piano campagna pari ad:

$$h = 1.4 \text{ m}$$

inoltre esso non risulta essere inclinato quindi i fattori di forma b espressi in Brinch-Hansen vengono annullati:

$$b_c = b_q = 1$$

Anche il carico agente sulla fondazione non risulta essere, inclinato pertanto:

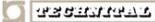
$$i_\gamma = i_c = i_q = 1$$

La fondazione ha i seguenti fattori di forma:

$$s_\gamma = 1.07$$

$$s_\gamma = s_q = 1.01$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot \left(\frac{B}{L}\right) = 1.30$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">62 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	62 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	62 di 113								

I fattori di approfondimento sono:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{d}{B} \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin \varphi)^2 = 1.37$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B} = 1.73$$

I coefficienti di capacità portante impiegati (Vesic) sono:

$$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} = 10.65$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi = 10.87$$

$$N_c = 20.70$$

Di conseguenza la capacità portante della fondazione risulta essere la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q) =$$

$$q_{lim} = 0.54 [MPa]$$

Considerando un fattore di sicurezza pari ad:

<i>Tabella 6.4.1 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali</i>			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

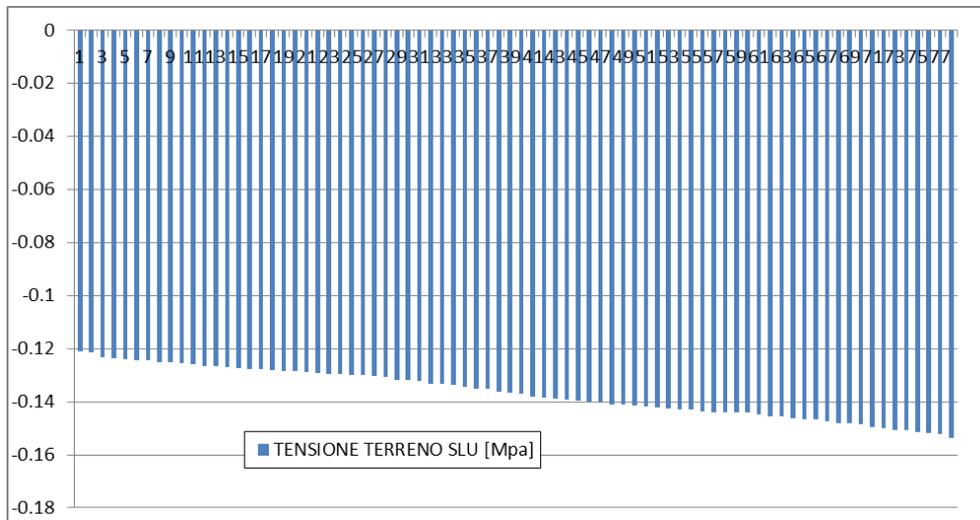
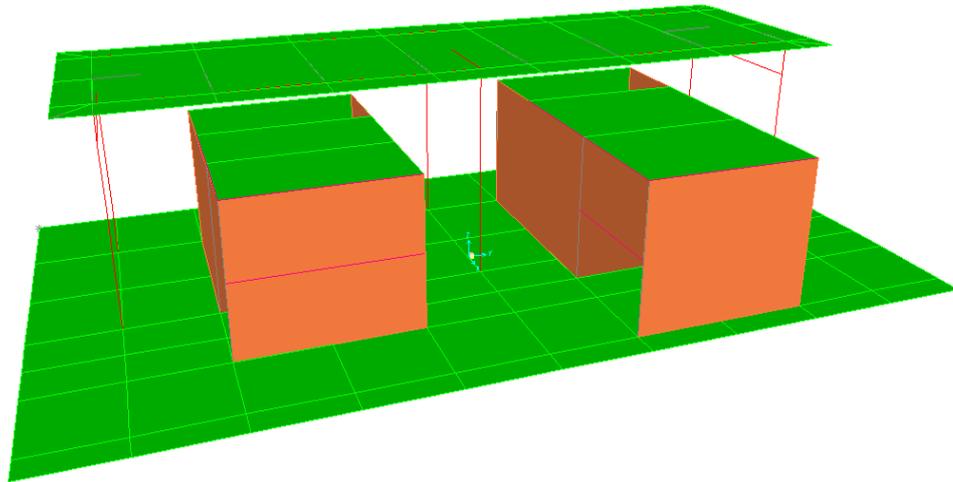
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 [MPa]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>63 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	63 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	63 di 113								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0.8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.14 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.14 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

OK, Verificato!

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

FA4300106

REV.

A

FOGLIO

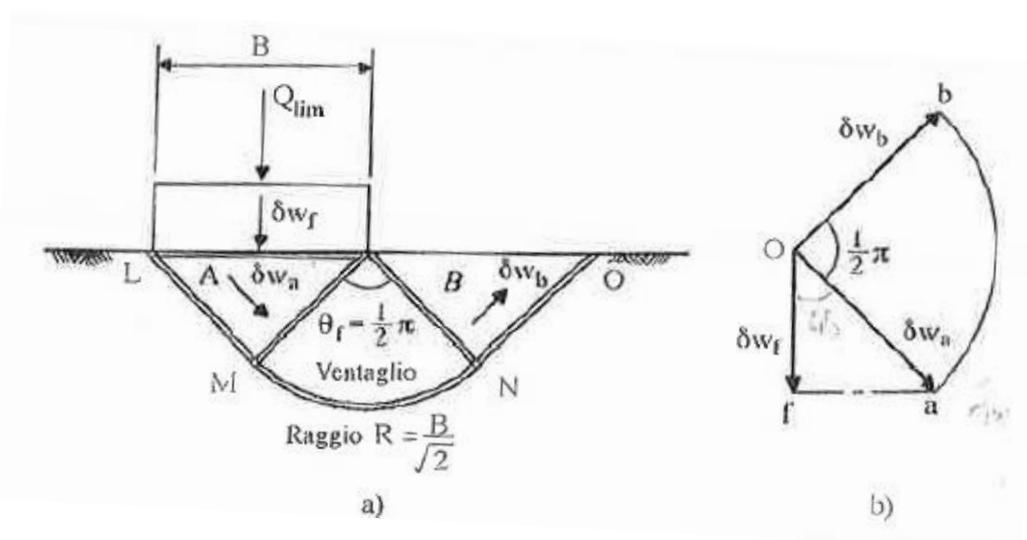
64 di 113

11.4.1.1.2 Verifica di Portanza della fondazione allo SLV-CONDIZIONI NON DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni non drenate. In questo caso le sovrappressioni interstiziali non sono dissipate ($\Delta u \neq 0$), pertanto la verifica viene condotta in termini di tensioni e parametri meccanici totali. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:



Con tale meccanismo di rottura il carico limite della fondazione è il seguente:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h$$

Con l'approccio numero uno si devono dividere le resistenze caratteristiche geotecniche per i coefficienti parziali dati da NTC del 2018 al punto 6.2.4.1.2:

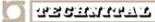
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>65 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	65 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	65 di 113								

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
		γ_M		
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Quindi:

$$c_{ud} = \frac{0.10}{1} = 0.10 \text{ MPa}$$

Il carico limite diviene:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h = 0.514 + 0.0216 = 0.54 \text{ [MPa]}$$

Tale valore deve essere ridotto per il fattore di sicurezza FS posto pari ad:

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

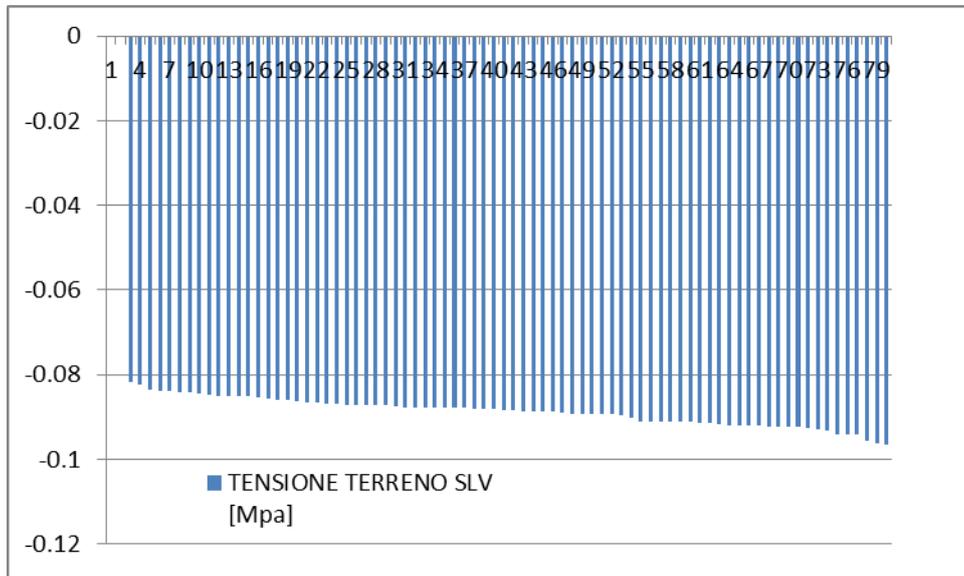
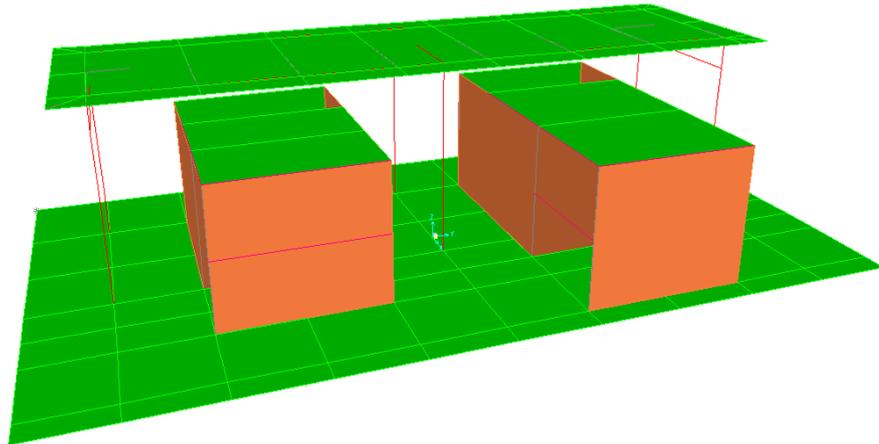
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 \text{ [MPa]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>66 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	66 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	66 di 113								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0.8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.10 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.13 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">67 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	67 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	67 di 113								

11.4.1.1.3 Verifica a Scorrimento allo SLV

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la capacità a scorrimento è calcolata con la sottostante espressione:

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R}$$

In cui:

- A è l'area della fondazione
- C_u è la resistenza a taglio non drenata
- γ_R è il coefficiente di sicurezza pari a 1.1

Allo stato limite di salvaguardia della vita si ha in fondazione il seguente carico verticale e taglio alla base:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	4.0786	1.3755	253.889
SISMA X	Combination	Min	-4.0786	-1.3755	253.8208
SISMA Y	Combination	Max	1.3164	3.7784	253.8835
SISMA Y	Combination	Min	-1.3164	-3.7784	253.8263

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 4.18 \text{ [ton]}$$

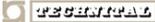
$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 3.84 \text{ [ton]}$$

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 9.5 \cdot 5) \cdot 10}{1.1} = 259 \text{ [ton]}$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 4.18 \text{ [ton]} \leq R_d = 259 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>68 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	68 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	68 di 113								

11.4.1.2 Verifica dei cedimenti allo SLE

In questo punto si riporta il calcolo dei cedimenti allo stato limite di esercizio. Il limite di cedimento è assunto pari ad (vedi autori Lancellotta, Viggiani):

$$w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

Allo stato limite di esercizio sulla fondazione è presente un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
SLE ENV	Combination	Max	1.0216	6.9252	296.3639	9.11653	23.17175

$$Q_{sle} = 296 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = 9.11 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = 23.17 \text{ [tonm]}$$

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettangolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v0$	WTot
k.Wink.				[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm ³]	fondazione						
0	Trave 1						
sez.0	4	1	97052	87220	9832	11.913	8.1465
0	Trave 1						
sez.1	4	1	97067	87235	9832	11.915	8.1464
0	Trave 1						
sez.2	4	1	97076	87244	9832	11.916	8.1468
0	Trave 2						
sez.0	4	1	97077	87245	9832	11.916	8.1467
0	Trave 2						
sez.1	4	1	97077	87245	9832	11.916	8.1466
0	Trave 2						
sez.2	4	1	97074	87242	9832	11.916	8.1468
0	Trave 3						
sez.0	4	1	97072	87240	9832	11.915	8.1468
0	Trave 3						
sez.1	4	1	97067	87235	9832	11.915	8.1468
0	Trave 3						
sez.2	4	1	97059	87227	9832	11.914	8.1468
0	Trave 4						
sez.0	4	1	101371	91539	9832	12.532	8.0887
0	Trave 4						
sez.1	4	1	101359	91527	9832	12.532	8.0881
0	Trave 4						
sez.2	4	1	101337	91505	9832	12.528	8.089
0	Trave 5						

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	69 di 113

sez.0	4	1	101333	91500	9832	12.528	8.0887
0	Trave 5						
sez.1	4	1	101328	91496	9832	12.527	8.0886
0	Trave 5						
sez.2	4	1	101322	91490	9832	12.526	8.089
0	Trave 6						
sez.0	4	1	101372	91540	9832	12.533	8.0887
0	Trave 6						
sez.1	4	1	101369	91537	9832	12.533	8.0881
0	Trave 6						
sez.2	4	1	101372	91540	9832	12.532	8.0891
0	Trave 7						
sez.0	4	1	113985	104153	9832	14.481	7.8712
0	Trave 7						
sez.1	4	1	113808	103976	9832	14.461	7.87
0	Trave 7						
sez.2	4	1	113569	103737	9832	14.434	7.8683
0	Trave 8						
sez.0	4	1	113472	103640	9832	14.423	7.8675
0	Trave 8						
sez.1	4	1	113358	103526	9832	14.41	7.8668
0	Trave 8						
sez.2	4	1	113237	103405	9832	14.395	7.8661
0	Trave 9						
sez.0	4	1	112713	102881	9832	14.336	7.8623
0	Trave 9						
sez.1	4	1	113188	103356	9832	14.39	7.8655
0	Trave 9						
sez.2	4	1	113937	104105	9832	14.476	7.8709
0	Trave 10						
sez.0	4	1	105608	95776	9832	13.268	7.9595
0	Trave 10						
sez.1	4	1	105687	95855	9832	13.279	7.959
0	Trave 10						
sez.2	4	1	105658	95826	9832	13.272	7.9607
0	Trave 11						
sez.0	4	1	105636	95804	9832	13.27	7.9604
0	Trave 11						
sez.1	4	1	105607	95775	9832	13.267	7.9602
0	Trave 11						
sez.2	4	1	105574	95742	9832	13.262	7.9604
0	Trave 12						
sez.0	4	1	105213	95381	9832	13.222	7.9577
0	Trave 12						
sez.1	4	1	105340	95508	9832	13.237	7.958
0	Trave 12						
sez.2	4	1	105562	95730	9832	13.261	7.96
0	Trave 13						
sez.0	4	1	99315	89483	9832	12.295	8.0775
0	Trave 13						
sez.1	4	1	99321	89489	9832	12.296	8.0773
0	Trave 13						
sez.2	4	1	99320	89488	9832	12.295	8.0778
0	Trave 14						
sez.0	4	1	99317	89485	9832	12.295	8.0778
0	Trave 14						
sez.1	4	1	99313	89481	9832	12.295	8.0777
0	Trave 14						
sez.2	4	1	99302	89470	9832	12.293	8.0778
0	Trave 15						
sez.0	4	1	99259	89427	9832	12.289	8.0773
0	Trave 15						
sez.1	4	1	99287	89455	9832	12.292	8.0772
0	Trave 15						
sez.2	4	1	99311	89478	9832	12.294	8.0777

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>70 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	70 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	70 di 113								

Si calcola un cedimento massimo allo stato limite di esercizio pari ad:

$$w = 14 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

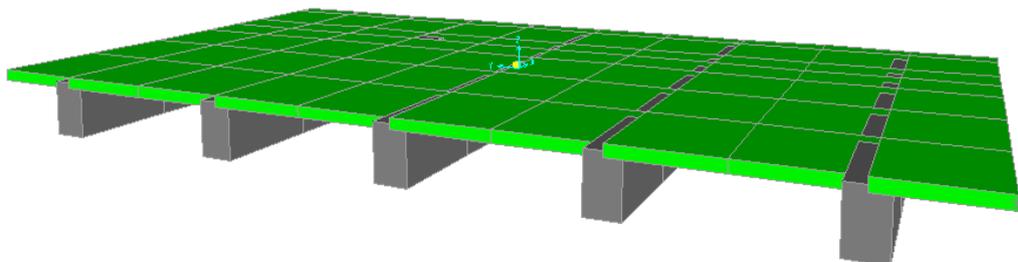
$$w = 14 \text{ [mm]} \leq w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

[OK, Verificato]

11.4.2 Verifica della fondazione

L'opera in fondazione è composta da travi di fondazione in calcestruzzo gettato in opera collegate in testa grazie ad una soletta sempre in calcestruzzo armato non appoggiata a terra.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>71 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	71 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	71 di 113								



Le sollecitazioni presenti sulla platea sono influenzate dall'iterazione tra terreno e fondazione, pertanto le verifiche di resistenza riportate al presente punto sono condotte considerando le sollecitazioni calcolate mediante modello con fondazione rigida e flessibile.

11.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

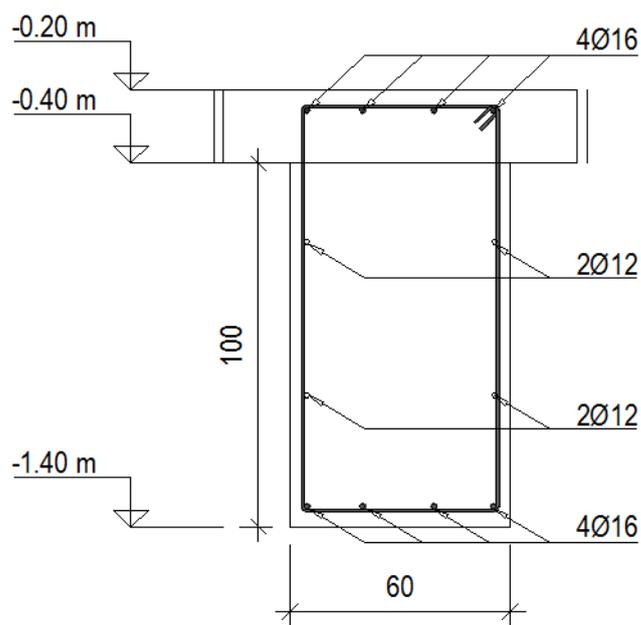
	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>72 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	72 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	72 di 113								

11.4.2.1.1.1 Verifica a flessione fondazione rigida

La verifica a flessione viene condotta con le sollecitazioni calcolate mediante la combinazione più gravosa, che in questo specifico caso è allo stato limite di salvaguardia della vita SLV. Le travi presentano la seguente geometria e armatura:

4 + 4Ø16 barre longitudinali

1Ø8/20 Staffe a 2 braccia



NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

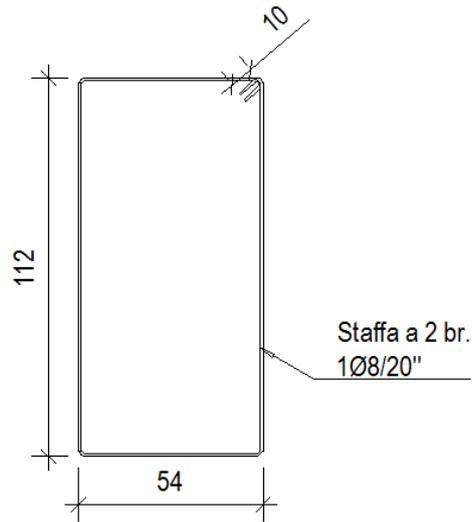
FA4300106

REV.

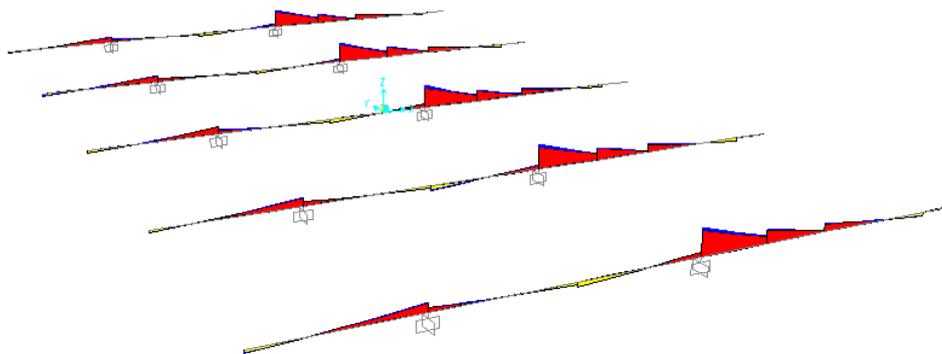
A

FOGLIO

73 di 113



SLU:

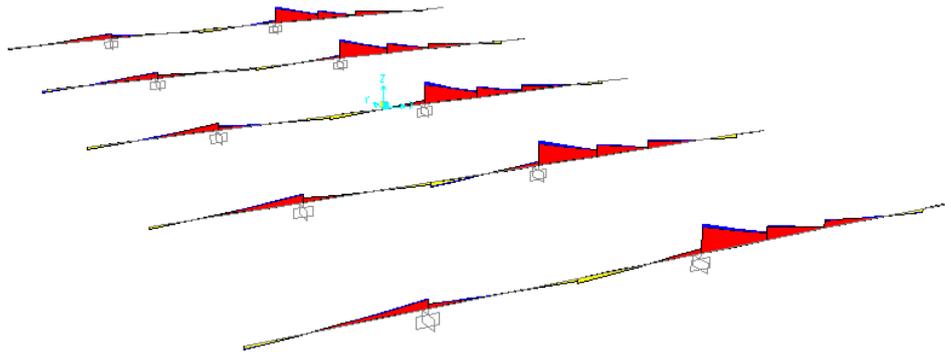


$$M_{max} = 34 [tm]$$

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	74 di 113

SLV:


$$M_{max} = 25 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	120	1	8,04	5
			2	8,04	115

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} 67,5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm ²	f_{cd} 14,17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0,8
ϵ_{syd} 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9,75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0,6
	τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 355,8 kNm

σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 2,994 ‰
 ϵ_s 67,5 ‰
 d 115 cm
 x 4,884 x/d 0,04247
 δ 0,7

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

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

La verifica è soddisfatta:

$$M_{Ed} = 34 [tm] \leq M_{Rd} = 35 [tm]$$

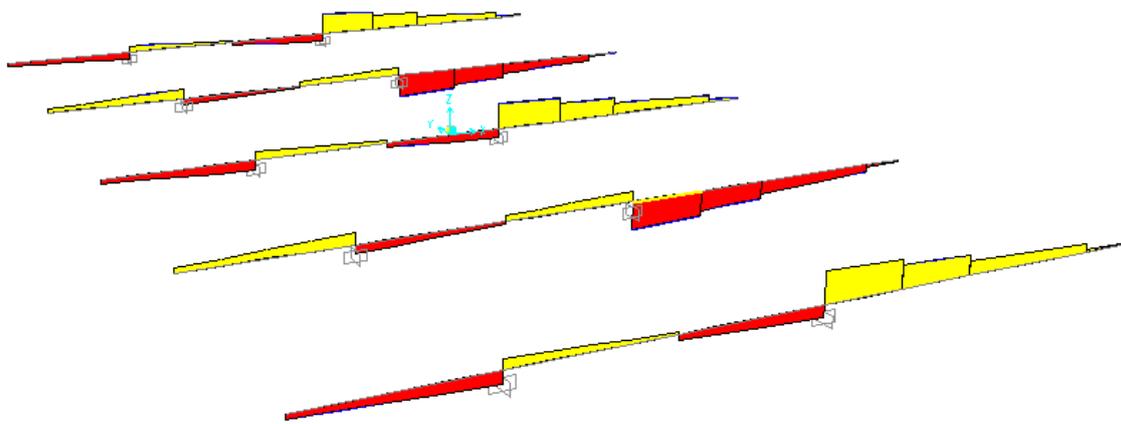
[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>75 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	75 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	75 di 113								

11.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:



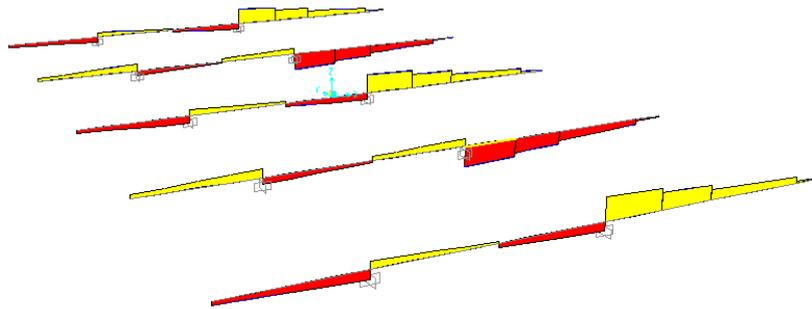
$$V_{max} = 29 \text{ [ton]}$$

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	76 di 113

SLV:



$$V_{max} = 19 \text{ [ton]}$$

La capacità a taglio della sezione è la seguente:

VERIFICA A TAGLIO TRAVE IN C.A										
TAGLIO DI PROGETTO Ved (kg)									17500	
LUNGHEZZA TRAVE (m)									1.00	
CALCOLO Passo staffe										
d	Asw	fyd	ctg(teta)	ctg(alfa)	sen(alfa)	Vrsd	s			
(mm)	(mm ²)	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)			
1120	100.48	391	1.5	0.00	1	175000	339			
						297015	200			
Area As (mm ²)									804	
Ved<=As*fyd*sen(alfa) (N)									314364	VERIFICATO
fcd	bw	ni	alfa_c							
(Mpa)	(mm)	(/)	(/)							
14.16667	600	0.5	1							
ROTTURA LATO ACCIAIO SE E SOLO SE VRcd>VRsd (N)									1977230.77	VERIFICATO
Ved<=0.5*bw*Asw*ni*fcd (N)									2380000	VERIFICATO

Con una staffa da 8 mm ogni 20 cm si verifica una capacità a taglio pari ad:

$$V_{Rd} = 29.70 \text{ [ton]}$$

La verifica è soddisfatta:

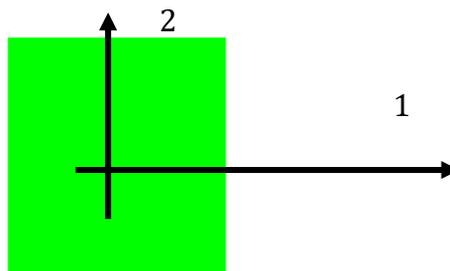
$$V_{Ed} = 29 \text{ [ton]} \leq M_{Rd} = 29.70 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>77 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	77 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	77 di 113								

11.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta. Per comprendere la direzione delle sollecitazioni sulla platea si considera il seguente sistema di riferimento:



Direzione 1:

In direzione 1 con un'armatura diffusa composta da:

1Ø12/20 '' (sopra)

1Ø12/20 '' (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5,65	5
			2	5,65	15

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd}

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

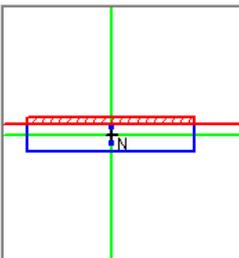
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.



Materiali

B450C **C25/30**

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰

f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰

E_s N/mm² f_{cd} ‰

E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?

ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰

σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰

τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ε_c ‰

ε_s ‰

d cm

x x/d δ

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

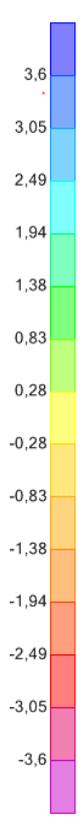
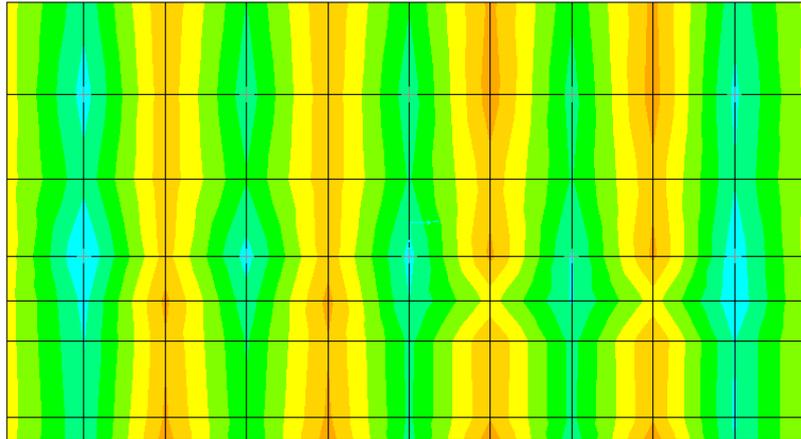
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>78 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	78 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	78 di 113								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



Momento Aree in Fuxia
3,6 [tm]

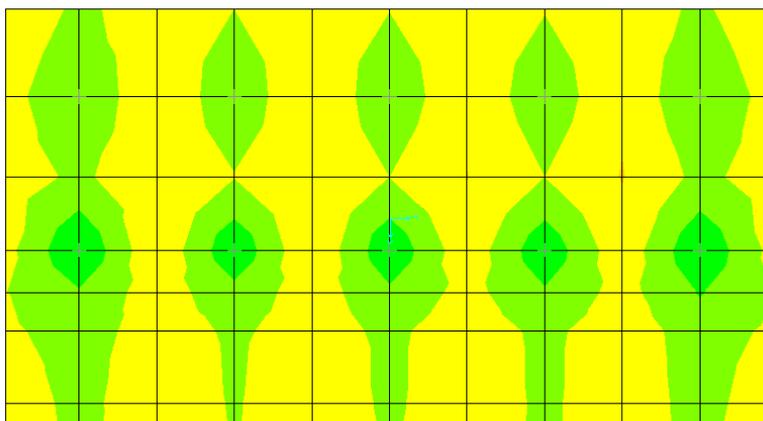
Momento Aree in Blu
3,6 [tm]

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>80 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	80 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	80 di 113								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



Momento Aree in Fuxia
 3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
 3,6 [tm]

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>81 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	81 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	81 di 113								

11.5 Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni

In seguito alle analisi svolte ed alle valutazioni effettuate sui risultati ottenuti in termini di resistenza e di deformabilità è possibile affermare che l'organismo strutturale così progettato e tutti gli elementi che lo compongono rispettano i limiti e le prestazioni richieste da normativa.

Inoltre si dispone la seguente prescrizione:

La relazione geologica a nostra disposizione non riporta delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate ai punti precedenti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>82 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	82 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	82 di 113								

12. Verifica delle fondazioni- modello Degola 2

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche inerenti alla sola struttura di fondazione intese come:

- Verifiche strutturali
- Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono svolte come previsto dalla NTC del 2018 al punto 6.4.3.1 seguendo la combinazione di calcolo:

A1+M1+R3

Si precisa come la relazione geologica a nostra disposizione non riporti delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate nei seguenti punti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">83 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	83 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	83 di 113								

12.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Le caratteristiche meccaniche del terreno presente in sito sono le seguenti:

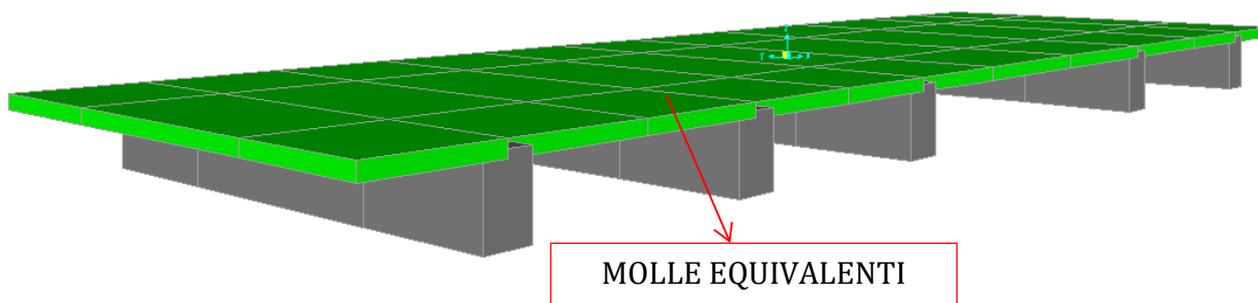
- Strato di Terreno argilloso spesso 15 m avente:

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	E_{ed} [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Vista la presenza di un terreno principalmente a grana fine, si ritiene opportuno considerare la posizione della falda alla quota del piano di posa della fondazione.

12.2 Modello di Calcolo della Fondazione con Winkler

La fondazione dell'opera è analizzata mediante apposito modello agli elementi finiti in cui i vincoli di incastro perfetto sono sostituiti da apposite molle dotate di opportuna rigidità a simulare l'iterazione tra travi di fondazione ed il terreno. Si riporta nell'immagine sottostante la fondazione impiegata:



L'iterazione tra la struttura di fondazione e il terreno è stata condotta tramite il modello di Winkler. Il calcolo della rigidità da assegnare alla molla è condotto calcolando prima il cedimento medio al di sotto del centro della fondazione. Noto il cedimento si calcola la rigidità della molla con il rapporto tra il carico distribuito presente sulla platea ed il cedimento

$$K_w = \frac{\Delta q_{slu}}{W}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">84 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	84 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	84 di 113								

12.2.1 Calcolo della costante elastica di Winkler

Considerando la combinazione quasi permanente è presente in fondazione, in corrispondenza del baricentro delle masse della sovrastruttura, un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
quasi permanente	Combination	9.211E-13	5.466E-15	231.3882	-11.56941	-0.89498

$$Q_{\text{quasi permanente}} = 231 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,slu} = 11.56 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,slu} = 0.89 \text{ [tonm]}$$

Tale risultante dei carichi è desunta considerando sulla fondazione la presenza:

- Pensilina del capolinea
- Box sottostanti alla pensilina del capolinea

La fondazione è composta da travi spesse 60 cm e profonde circa 100 cm collegate in testa mediante soletta in calcestruzzo spessa 20 cm non appoggiata a terra. Il piano di posa della fondazione è posto a quota -1.40 m dal piano campagna. Il terreno su cui poggia la fondazione è composto principalmente da terreno coesivo. Il calcolo dei cedimenti avviene mediante il metodo Edometrico. Si riporta la stratigrafia ipotizzata per il sito di costruzione dell'opera:

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	85 di 113

Stratigrafie

N	Descrizione	falda [m]	Strati
1	Tipo A		0 1 strati: Htot =15

Strati stratigrafia Tipo A (1 strati: Htot =15)

N	Descrizione	Classe	Tipo	Classe 2	Potenza [m]	γ [kN/m ³]	φ' [°]	φ'_{cv} [°]	Dr [%]	IC	c' [kPa]	c_u [kPa]	v	NSPT	OCR	$\Delta\sigma'_p$ [kPa]	E_{ed} [MPa]	CR	RR	CR/RR	FC [%]
1	omogeneo	limo	fine	argillosa	15	18	25	25	1	0.4	8	100	0.3	30	1		5			8	0

Si riporta il calco del cedimento:

Verifiche Cedimenti Edometrici

Piano	Rettagolo	Fam	Cmb	q	qN	σ'_{v0}	WTot
k.Wink.							
	fondazione			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm ³]							
0	Trave 1						
sez.0	4	1	89431	79599	9832	10.681	8.3728
0	Trave 1						
sez.1	4	1	89439	79607	9832	10.682	8.3728
0	Trave 1						
sez.2	4	1	89446	79614	9832	10.683	8.3729
0	Trave 2						
sez.0	4	1	89449	79617	9832	10.684	8.3726
0	Trave 2						
sez.1	4	1	89453	79621	9832	10.685	8.3721
0	Trave 2						
sez.2	4	1	89446	79614	9832	10.683	8.3729
0	Trave 3						
sez.0	4	1	89442	79610	9832	10.682	8.3728
0	Trave 3						
sez.1	4	1	89436	79604	9832	10.682	8.3728
0	Trave 3						
sez.2	4	1	89424	79591	9832	10.68	8.373
0	Trave 4						
sez.0	4	1	97000	87168	9832	11.909	8.1449
0	Trave 4						
sez.1	4	1	97001	87169	9832	11.911	8.1437
0	Trave 4						
sez.2	4	1	97000	87168	9832	11.908	8.1459
0	Trave 5						
sez.0	4	1	96998	87166	9832	11.908	8.1454
0	Trave 5						
sez.1	4	1	96996	87164	9832	11.908	8.1452
0	Trave 5						
sez.2	4	1	96991	87159	9832	11.907	8.146
0	Trave 6						
sez.0	4	1	96993	87161	9832	11.908	8.1454
0	Trave 6						
sez.1	4	1	96996	87164	9832	11.908	8.1452
0	Trave 6						
sez.2	4	1	96999	87167	9832	11.908	8.1459
0	Trave 7						
sez.0	4	1	117145	107313	9832	14.977	7.8219
0	Trave 7						

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
 STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	86 di 113

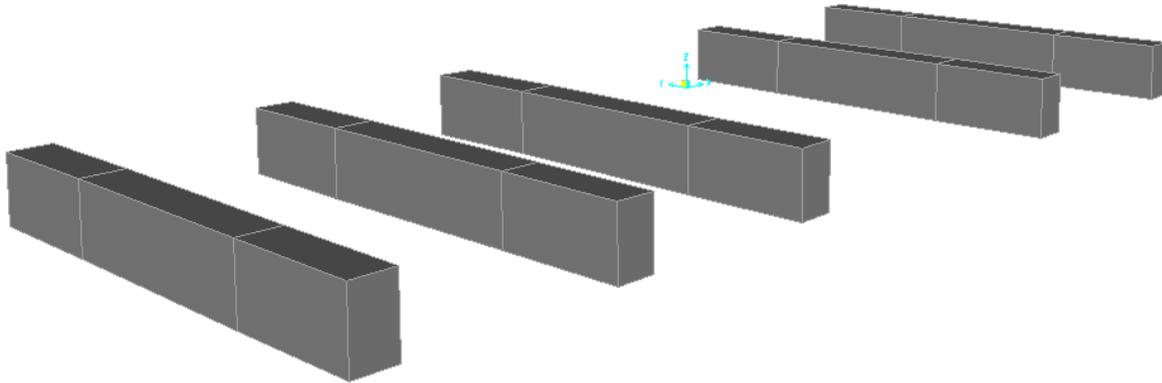
sez.1	4	1	117237	107405	9832	14.991	7.8206
0	Trave 7						
sez.2	4	1	117123	107291	9832	14.971	7.8232
0	Trave 8						
sez.0	4	1	117068	107236	9832	14.966	7.8224
0	Trave 8						
sez.1	4	1	117001	107169	9832	14.958	7.8217
0	Trave 8						
sez.2	4	1	116923	107091	9832	14.948	7.8221
0	Trave 9						
sez.0	4	1	116919	107087	9832	14.949	7.8214
0	Trave 9						
sez.1	4	1	116983	107151	9832	14.956	7.8216
0	Trave 9						
sez.2	4	1	117087	107255	9832	14.967	7.823
0	Trave 10						
sez.0	4	1	109130	99298	9832	13.799	7.9084
0	Trave 10						
sez.1	4	1	109138	99306	9832	13.802	7.9076
0	Trave 10						
sez.2	4	1	109132	99300	9832	13.798	7.9092
0	Trave 11						
sez.0	4	1	109126	99294	9832	13.798	7.9087
0	Trave 11						
sez.1	4	1	109116	99284	9832	13.797	7.9085
0	Trave 11						
sez.2	4	1	109100	99268	9832	13.794	7.9091
0	Trave 12						
sez.0	4	1	109097	99265	9832	13.795	7.9086
0	Trave 12						
sez.1	4	1	109109	99277	9832	13.796	7.9085
0	Trave 12						
sez.2	4	1	109123	99291	9832	13.797	7.9091
0	Trave 13						
sez.0	4	1	95589	85757	9832	11.745	8.1388
0	Trave 13						
sez.1	4	1	95594	85762	9832	11.746	8.1384
0	Trave 13						
sez.2	4	1	95584	85752	9832	11.744	8.1392
0	Trave 14						
sez.0	4	1	95579	85747	9832	11.743	8.1391
0	Trave 14						
sez.1	4	1	95570	85738	9832	11.742	8.139
0	Trave 14						
sez.2	4	1	95551	85719	9832	11.74	8.1393
0	Trave 15						
sez.0	4	1	95563	85731	9832	11.741	8.1391
0	Trave 15						
sez.1	4	1	95574	85742	9832	11.743	8.139
0	Trave 15						
sez.2	4	1	95584	85752	9832	11.744	8.1392

Nella tabella precedente si riporta il carico agente su ciascuna trave, il relativo cedimento calcolato con anche il valore di rigidezza della molla. Tali valori di rigidezza sono assegnati alle travi di fondazione:

NOME DOCUMENTO

 AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	87 di 113



La costante di Winkler mediata tra tutte le travi è circa la seguente:

$$K_W = \frac{\Delta q_{slu}}{W} = 0,8 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

12.3 Confronto tra modello con fondazione rigida e flessibile

Al presente punto si riporta il confronto tra il modello con fondazione rigida (vincoli di incastro perfetto) con cui si sono valutate le sollecitazioni sulla struttura in elevazione ed il modello con fondazione flessibile (vincoli con molle) con cui si verifica la struttura di fondazione. Prima di procedere in questo modo la NTC del 2018 richiede al punto 7.2.6 punto b) che la risultante di

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">88 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	88 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	88 di 113								

taglio alla base e di sforzo normale calcolata con la fondazione flessibile deve essere almeno pari al 70% della risultante di taglio alla base e sforzo normale calcolati con modello di calcolo con fondazione rigida e spettro di riposta con suolo di tipo A. Si dimostra nel seguito il rispetto di tale disuguaglianza:

Fondazione rigida:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione rigida sono i seguenti:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	2.7968	0.432	231.6123
SISMA X	Combination	Min	-2.7968	-0.432	231.1641
SISMA Y	Combination	Max	0.8391	1.44	231.4555
SISMA Y	Combination	Min	-0.8391	-1.44	231.321

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.82 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 2.78 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,rigida}} = 231 \text{ [ton]}$$

Fondazione flessibile:

Nel caso in esame i valori di taglio alla base e sforzo normale calcolati allo SLV con modello con fondazione flessibile sono i seguenti:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">89 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	89 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	89 di 113								

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	5.2705	1.1934	231.8887
SISMA X	Combination	Min	-5.2705	-1.1934	230.8877
SISMA Y	Combination	Max	1.6178	3.869	231.5403
SISMA Y	Combination	Min	-1.6178	-3.869	231.2362

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 5.40 \text{ [ton]}$$

$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 4.19 \text{ [ton]}$$

$$N_{\text{comb.SLV,flessibile}} = 231 \text{ [ton]}$$

Il limite posto da NTC del 2018 posto pari al 70% delle risultanti di taglio alla base e sforzo normale è rispettato in quanto le sollecitazioni ottenute con la fondazione flessibile sono superiori a quelle ottenute con fondazione rigida e spettro di risposta con terreno di tipo A.

12.4 VERIFICHE DI RESISTENZA

Nel presente capitolo si riportano le verifiche strutturali e geotecniche richieste da NTC del 2018.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>90 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	90 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	90 di 113								

12.4.1 Verifiche di Resistenza Geotecnica (A1+M1+R3)

Le verifiche geotecniche consistono in:

- Verifica capacità portante della fondazione
- Verifica a scorrimento
- Verifica dei cedimenti (metodo edometrico).

12.4.1.1 Verifica di Portanza della fondazione

Il calcolo della portanza viene condotta a lungo termine in condizioni drenate per quanto riguarda la combinazione allo stato limite ultimo e nel breve termine in condizioni non drenate per la combinazione sismica allo stato limite di salvaguardia della vita. Le sollecitazioni massime ottenute sulla fondazione sono calcolate allo stato limite ultimo e di salvaguardia della vita.

- SLU
- SLV

12.4.1.1.1 Verifica di Portanza della fondazione allo SLU-CONDIZIONE DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni drenate. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:

Il q_{lim} cioè la capacità portante del terreno dove poggia la fondazione è valutato mediante la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q)$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>91 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	91 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	91 di 113								

Il terreno di posa della fondazione ha le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Base della fondazione $B = 0.60 \text{ m}$
- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno $\varphi = 25^\circ$
- coesione efficace $c' = 0.08 \text{ t/mq}$

Il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza dal piano campagna pari ad:

$$h = 1.4 \text{ m}$$

inoltre esso non risulta essere inclinato quindi i fattori di forma b espressi in Brinch-Hansen vengono annullati:

$$b_c = b_q = 1$$

Anche il carico agente sulla fondazione non risulta essere, inclinato pertanto:

$$i_\gamma = i_c = i_q = 1$$

La fondazione ha i seguenti fattori di forma:

$$s_\gamma = 1.07$$

$$s_\gamma = s_q = 1.01$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot K_p \cdot \left(\frac{B}{L}\right) = 1.30$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">92 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	92 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	92 di 113								

I fattori di approfondimento sono:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{d}{B} \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin \varphi)^2 = 1.37$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \sqrt{K_p} \cdot \frac{D}{B} = 1.73$$

I coefficienti di capacità portante impiegati (Vesic) sono:

$$N_q = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} = 10.65$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi = 10.87$$

$$N_c = 20.70$$

Di conseguenza la capacità portante della fondazione risulta essere la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma) + c' \cdot N_c \cdot (s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c) + \sigma'_v \cdot N_q \cdot (s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q) =$$

$$q_{lim} = 0.54 [MPa]$$

Considerando un fattore di sicurezza pari ad:

<i>Tabella 6.4.1 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali</i>			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

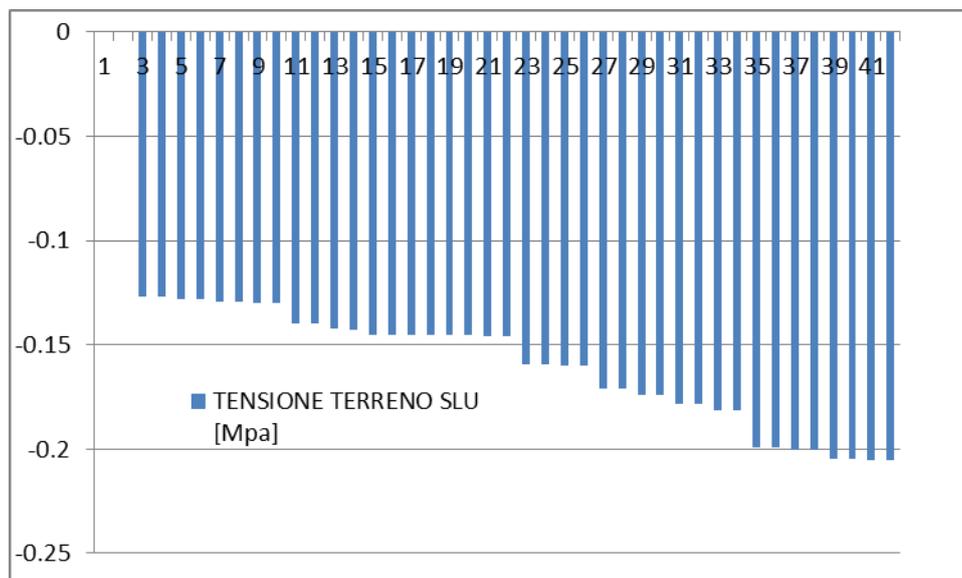
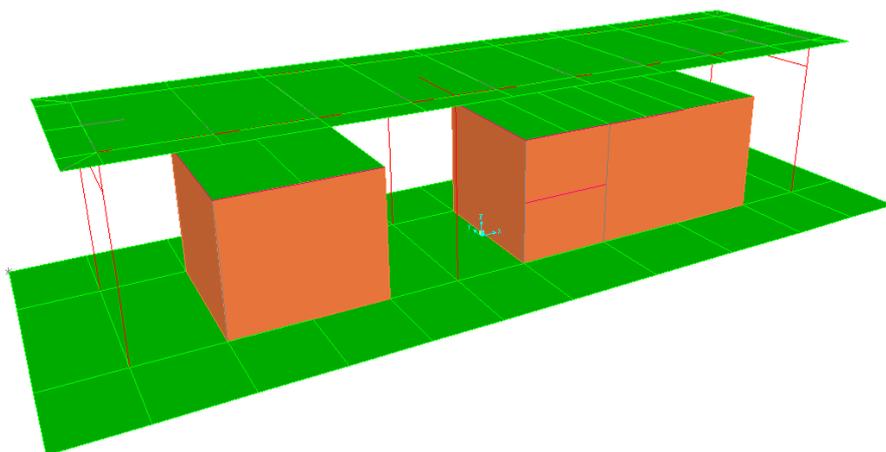
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 [MPa]$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>93 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	93 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	93 di 113								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0,8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.20 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.20 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

OK, Verificato!

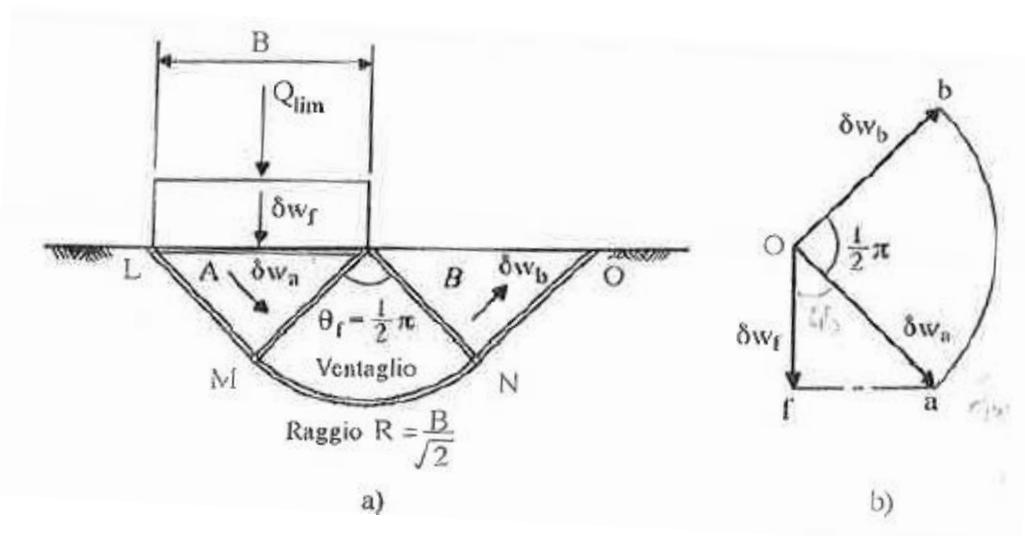
	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">94 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	94 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	94 di 113								

12.4.1.1.2 Verifica di Portanza della fondazione allo SLV-CONDIZIONI NON DRENATE

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la tensione massima sopportabile dal terreno è calcolata:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS}$$

Si procede al calcolo della portanza in condizioni non drenate. In questo caso le sovrappressioni interstiziali non sono dissipate ($\Delta u \neq 0$), pertanto la verifica viene condotta in termini di tensioni e parametri meccanici totali. La rottura di un terreno argilloso limoso viene determinata con il seguente cuneo di rottura:



Con tale meccanismo di rottura il carico limite della fondazione è il seguente:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h$$

Con l'approccio numero uno si devono dividere le resistenze caratteristiche geotecniche per i coefficienti parziali dati da NTC del 2018 al punto 6.2.4.1.2:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">95 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	95 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	95 di 113								

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Quindi:

$$c_{ud} = \frac{0.10}{1} = 0.10 \text{ MPa}$$

Il carico limite diviene:

$$q_{lim} = \frac{Q_{lim}}{B} = (2 + \pi) \cdot c_{ud} + \gamma_{sat} \cdot h = 0.514 + 0.0216 = 0.54 \text{ [MPa]}$$

Tale valore deve essere ridotto per il fattore di sicurezza FS posto pari ad:

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

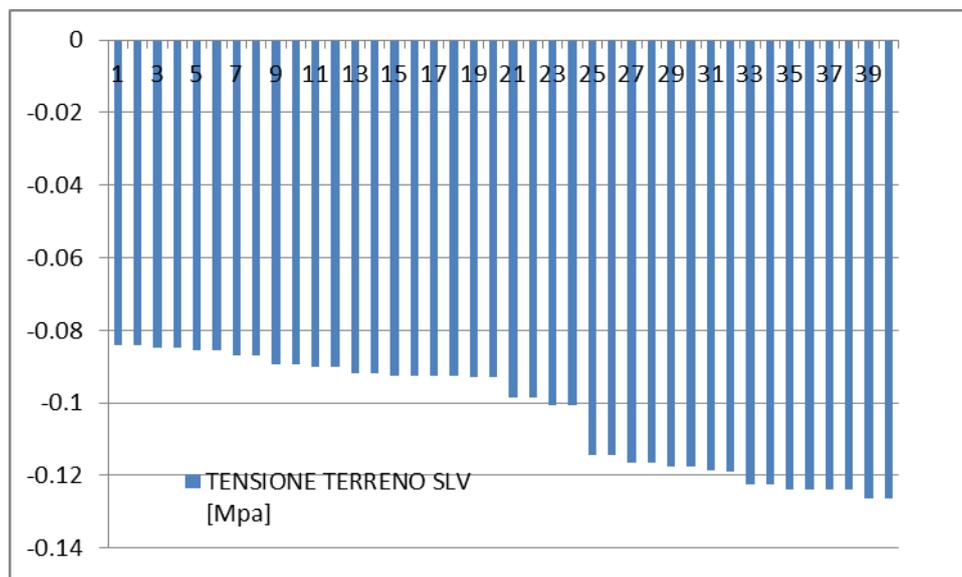
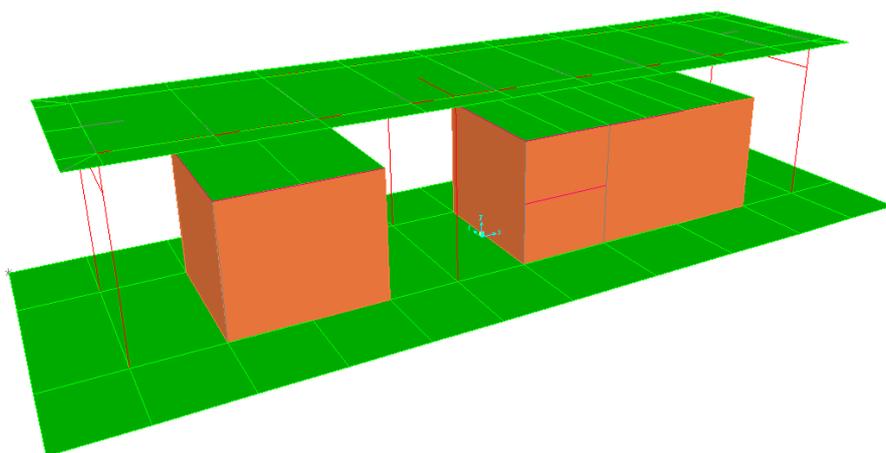
$$FS = 2.3$$

La capacità portante di progetto della fondazione è:

$$R_d = \frac{q_{lim}}{FS} = 0.23 \text{ [MPa]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>96 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	96 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	96 di 113								

La tensione massima agente sul terreno con costante di Winkler pari a 0,8 kg/cm³:



$$\sigma_t = 0.125 [MPa]$$

La verifica a capacità portante risulta quindi soddisfatta:

$$E_d = 0.125 [MPa] \leq R_d = 0.23 [MPa]$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">97 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	97 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	97 di 113								

12.4.1.1.3 Verifica a Scorrimento allo SLV

La resistenza di progetto R_d , cioè in questo caso la capacità a scorrimento è calcolata con la sottostante espressione:

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R}$$

In cui:

- A è l'area della fondazione
- C_u è la resistenza a taglio non drenata
- γ_R è il coefficiente di sicurezza pari a 1.1

Allo stato limite di salvaguardia della vita si ha in fondazione il seguente carico verticale e taglio alla base:

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
SISMA X	Combination	Max	5.2705	1.1934	231.8887
SISMA X	Combination	Min	-5.2705	-1.1934	230.8877
SISMA Y	Combination	Max	1.6178	3.869	231.5403
SISMA Y	Combination	Min	-1.6178	-3.869	231.2362

Le risultanti:

$$T_{\text{base,comb.SLV-X,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 5.40 \text{ [ton]}$$

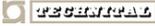
$$T_{\text{base,comb.SLV-Y,flessibile}} = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2} = 4.19 \text{ [ton]}$$

$$R_d = \frac{A \cdot C_u}{\gamma_R} = \frac{(0.6 \cdot 7.5 \cdot 5) \cdot 10}{1.1} = 205 \text{ [ton]}$$

La verifica a scorrimento è soddisfatta:

$$F_{h,SLV} = 5.40 \text{ [ton]} \leq R_d = 205 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>98 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	98 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	98 di 113								

12.4.1.2 Verifica dei cedimenti allo SLE

In questo punto si riporta il calcolo dei cedimenti allo stato limite di esercizio. Il limite di cedimento è assunto pari ad (vedi autori Lancellotta, Viggiani):

$$w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

Allo stato limite di esercizio sulla fondazione è presente un carico concentrato pari ad:

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
SLE ENV	Combination	Max	-2.882E-13	3.5047	273.582	-7.24933	-3.85728

$$Q_{sle} = 273 \text{ [ton]}$$

$$M_{x,sle} = -7.24 \text{ [tonm]}$$

$$M_{y,sle} = -3.86 \text{ [tonm]}$$

Piano	Rettangolo	Fam	Cmb	q	qN	$\sigma'v0$	WTot
k.Wink.	fondazione			[Pa]	[Pa]	[Pa]	[mm]
[N/cm ³]							
0	Trave 1						
sez.0	4	1	104284	94452	9832	12.99	8.0281
0	Trave 1						
sez.1	4	1	104295	94463	9832	12.991	8.0281
0	Trave 1						
sez.2	4	1	104305	94473	9832	12.992	8.0283
0	Trave 2						
sez.0	4	1	104310	94478	9832	12.993	8.0279
0	Trave 2						
sez.1	4	1	104315	94483	9832	12.995	8.0274
0	Trave 2						
sez.2	4	1	104305	94473	9832	12.992	8.0283
0	Trave 3						
sez.0	4	1	104300	94468	9832	12.992	8.0282
0	Trave 3						
sez.1	4	1	104292	94460	9832	12.991	8.0281
0	Trave 3						
sez.2	4	1	104274	94442	9832	12.988	8.0282
0	Trave 4						
sez.0	4	1	114929	105097	9832	14.723	7.8061
0	Trave 4						
sez.1	4	1	114933	105101	9832	14.726	7.8048
0	Trave 4						
sez.2	4	1	114932	105100	9832	14.721	7.8073
0	Trave 5						
sez.0	4	1	114930	105098	9832	14.722	7.8068

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	99 di 113

0	Trave 5						
sez.1	4	1	114928	105096	9832	14.722	7.8065
0	Trave 5						
sez.2	4	1	114921	105089	9832	14.72	7.8074
0	Trave 6						
sez.0	4	1	114917	105085	9832	14.72	7.8067
0	Trave 6						
sez.1	4	1	114921	105089	9832	14.721	7.8065
0	Trave 6						
sez.2	4	1	114926	105094	9832	14.72	7.8072
0	Trave 7						
sez.0	4	1	143458	133626	9832	18.928	7.579
0	Trave 7						
sez.1	4	1	143660	133828	9832	19.106	7.5191
0	Trave 7						
sez.2	4	1	143570	133738	9832	19.086	7.5221
0	Trave 8						
sez.0	4	1	143496	133664	9832	18.93	7.5803
0	Trave 8						
sez.1	4	1	143401	133569	9832	18.92	7.5794
0	Trave 8						
sez.2	4	1	143284	133452	9832	18.904	7.5795
0	Trave 9						
sez.0	4	1	143074	133242	9832	18.882	7.5772
0	Trave 9						
sez.1	4	1	143182	133350	9832	18.895	7.5777
0	Trave 9						
sez.2	4	1	143357	133525	9832	18.913	7.5797
0	Trave 10						
sez.0	4	1	131226	121394	9832	17.118	7.666
0	Trave 10						
sez.1	4	1	131259	121427	9832	17.124	7.6652
0	Trave 10						
sez.2	4	1	131251	121419	9832	17.119	7.667
0	Trave 11						
sez.0	4	1	131237	121405	9832	17.118	7.6665
0	Trave 11						
sez.1	4	1	131215	121383	9832	17.116	7.6662
0	Trave 11						
sez.2	4	1	131181	121349	9832	17.111	7.6667
0	Trave 12						
sez.0	4	1	131139	121307	9832	17.107	7.6658
0	Trave 12						
sez.1	4	1	131168	121336	9832	17.111	7.6658
0	Trave 12						
sez.2	4	1	131207	121375	9832	17.114	7.6667
0	Trave 13						
sez.0	4	1	111987	102155	9832	14.255	7.8561
0	Trave 13						
sez.1	4	1	111996	102164	9832	14.257	7.8556
0	Trave 13						
sez.2	4	1	111982	102150	9832	14.253	7.8565
0	Trave 14						
sez.0	4	1	111974	102142	9832	14.253	7.8563
0	Trave 14						
sez.1	4	1	111962	102130	9832	14.251	7.8562
0	Trave 14						
sez.2	4	1	111936	102104	9832	14.248	7.8564
0	Trave 15						
sez.0	4	1	111950	102118	9832	14.25	7.8562
0	Trave 15						
sez.1	4	1	111966	102134	9832	14.252	7.8562
0	Trave 15						
sez.2	4	1	111980	102148	9832	14.253	7.8565

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>100 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	100 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	100 di 113								

Si calcola un cedimento massimo allo stato limite di esercizio pari ad:

$$w = 19 \text{ [mm]}$$

La verifica è soddisfatta:

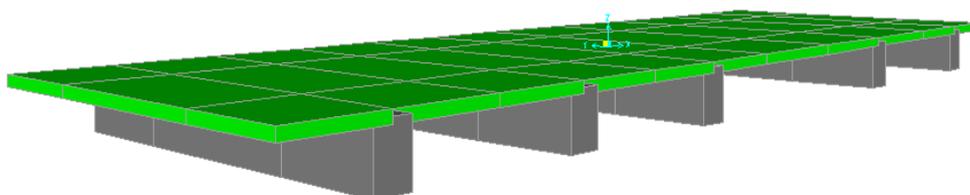
$$w = 19 \text{ [mm]} \leq w_{lim} = 50 \text{ [mm]}$$

[OK, Verificato]

12.4.2 Verifica della fondazione

L'opera in fondazione è composta da travi di fondazione in calcestruzzo gettato in opera collegate in testa grazie ad una soletta sempre in calcestruzzo armato non appoggiata a terra.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>101 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	101 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	101 di 113								



Le sollecitazioni presenti sulla platea sono influenzate dall'iterazione tra terreno e fondazione, pertanto le verifiche di resistenza riportate al presente punto sono condotte considerando le sollecitazioni calcolate mediante modello con fondazione rigida e flessibile.

12.4.2.1.1 Verifica Travi di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica di resistenza delle travi di fondazione a flessione e taglio. Le sollecitazioni sono calcolate considerando la fondazione come rigida in modo da massimizzare le sollecitazioni sugli elementi resistenti presenti in fondazione.

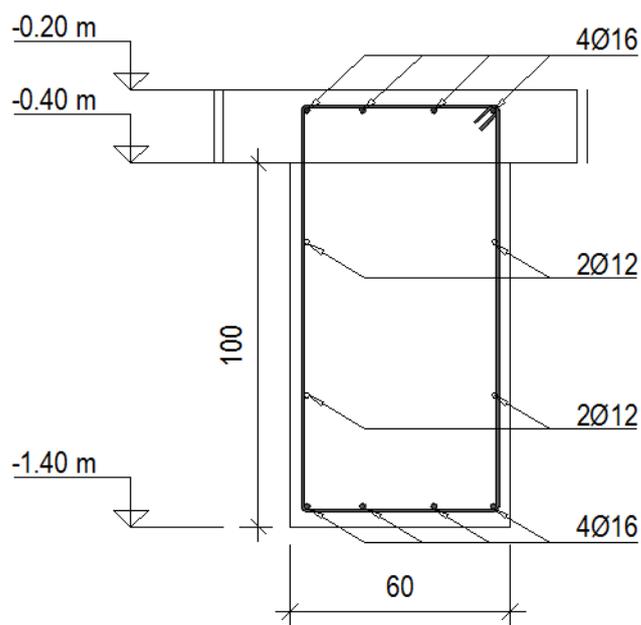
	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>102 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	102 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	102 di 113								

12.4.2.1.1.1 Verifica a flessione fondazione rigida

La verifica a flessione viene condotta con le sollecitazioni calcolate mediante la combinazione più gravosa, che in questo specifico caso è allo stato limite di salvaguardia della vita SLV. Le travi presentano la seguente geometria e armatura:

4 + 4Ø16 barre longitudinali

1Ø8/20 Staffe a 2 braccia



NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE: RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA

E21D

LOTTO

00 D Z3

CODIFICA

RH

DOCUMENTO

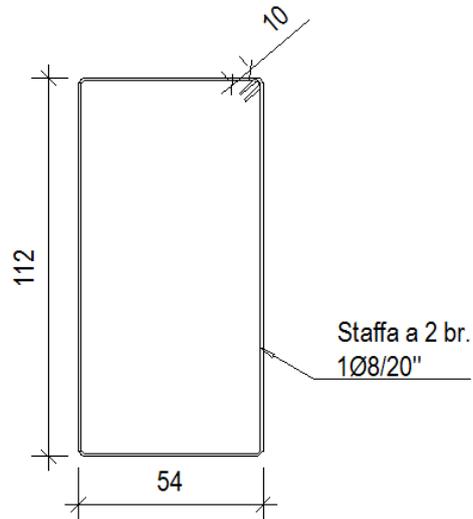
FA4300106

REV.

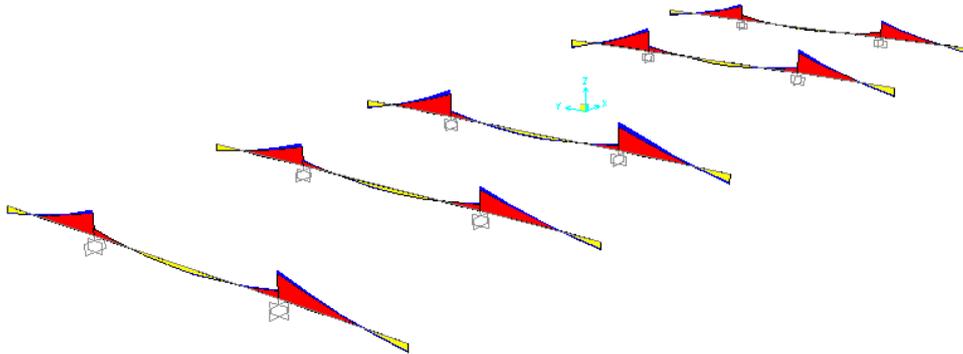
A

FOGLIO

103 di 113



SLU:

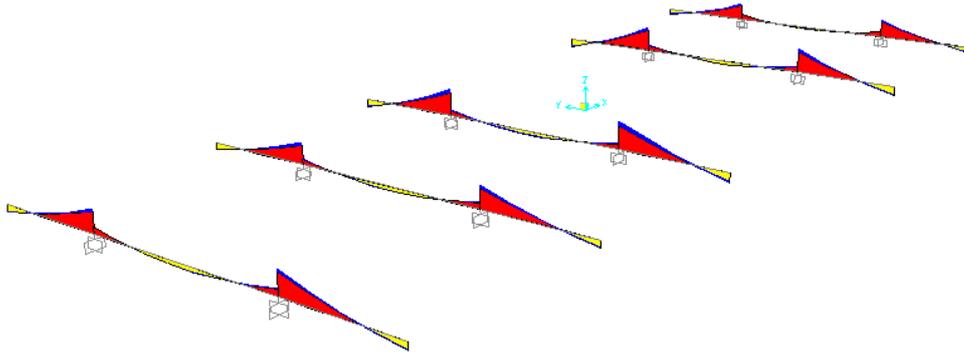


$$M_{max} = 17 [tm]$$

NOME DOCUMENTO
AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	104 di 113

SLV:



$$M_{max} = 10.25 [tm]$$

Il momento resistente della trave è il seguente:

Titolo: _____

N° strati barre: 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	60	100	1	6.16	90

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN 0, yN 0

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd}: 213,3 kN m

Materiali: B450C C25/30

ε _{su} : 67,5 ‰	ε _{c2} : 2 ‰	σ _c : -14,17 N/mm²
f _{yd} : 391,3 N/mm²	ε _{cu} : 3,5 ‰	σ _s : 391,3 N/mm²
E _s : 200.000 N/mm²	f _{cd} : 14,17	ε _c : 2,86 ‰
E _s /E _c : 15	f _{cc} /f _{cd} : 0,8	ε _s : 67,5 ‰
ε _{syd} : 1,957 ‰	σ _{c,adm} : 9,75	d: 90 cm
σ _{s,adm} : 255 N/mm²	τ _{co} : 0,6	x: 3,659 x/d: 0,04065
τ _{cl} : 1,829		δ: 0,7

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

Metodo di calcolo: S.L.U. S.L.U.
 Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviate

N° rett.: 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀: 0 cm Col. modello

Precompresso

La verifica è soddisfatta:

$$M_{Ed} = 17 [tm] \leq M_{Rd} = 21 [tm]$$

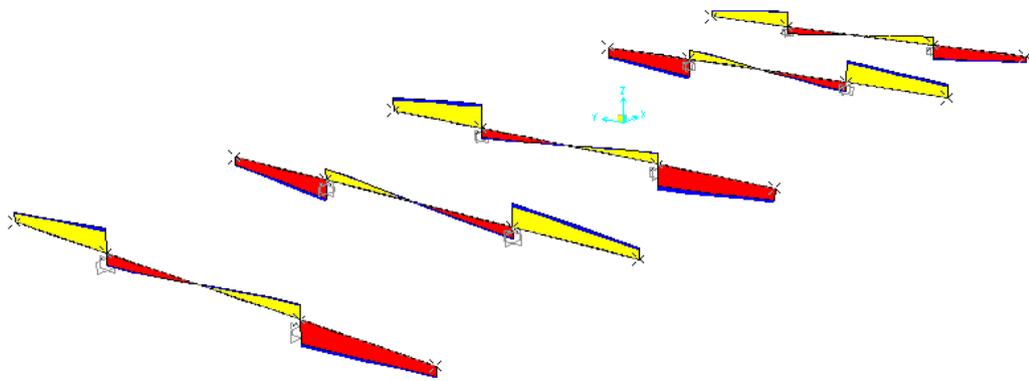
[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>105 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	105 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	105 di 113								

12.4.2.1.1.2 Verifica a taglio fondazione Rigida

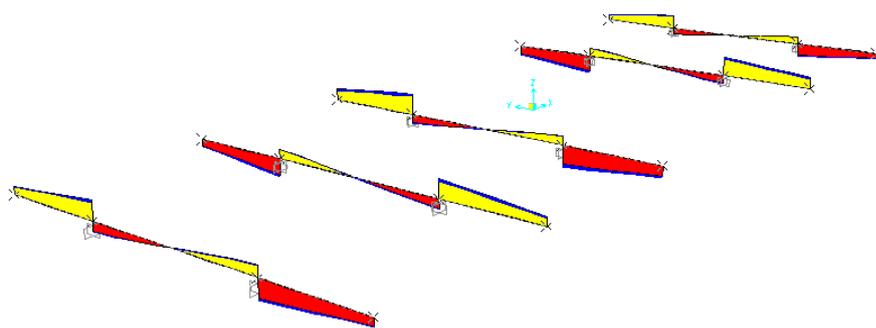
Al presente punto si verifica la trave di fondazione a taglio. Le sollecitazioni massime sono le seguenti:

SLU:

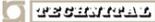


$$V_{max} = 14.25 \text{ [ton]}$$

SLV:



$$V_{max} = 9.00 \text{ [ton]}$$

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   Engineering and Technical Services S.p.A.  ARCHITETTI ASSOCIATI	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E21D</td> <td style="text-align: center;">00 D Z3</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">FA4300106</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">106 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	106 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	106 di 113								

La capacità a taglio della sezione è la seguente:

VERIFICA A TAGLIO TRAVE IN C.A								
TAGLIO DI PROGETTO Ved (kg)							17500	
LUNGHEZZA TRAVE (m)							1.00	
CALCOLO Passo staffe								
d	Asw	fyd	ctg(teta)	ctg(alfa)	sen(alfa)	Vrsd	s	
(mm)	(mm ²)	(Mpa)	(/)	(/)	(/)	(N)	(mm)	
1120	100.48	391	1	0.00	1	175000	226	
						198010	200	
Area As (mm ²)							804	
Ved<=As*fyd*sen(alfa) (N)							314364	VERIFICATO
fcd	bw	ni	alfa_c					
(Mpa)	(mm)	(/)	(/)					
14.16667	600	0.5	1					
ROTTURA LATO ACCIAIO SE E SOLO SE VRcd>VRsd (N)							2142000	VERIFICATO
Ved<=0.5*bw*Asw*ni*fcd (N)							2380000	VERIFICATO

Con una staffa da 8 mm ogni 20 cm si verifica una capacità a taglio pari ad:

$$V_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

La verifica è soddisfatta:

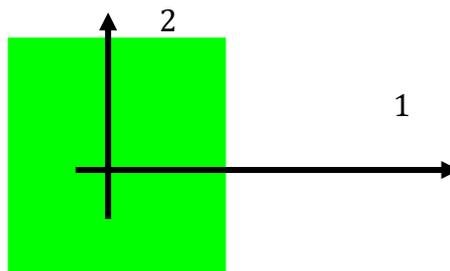
$$V_{Ed} = 14.25 \text{ [ton]} \leq M_{Rd} = 19,80 \text{ [ton]}$$

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>107 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	107 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	107 di 113								

12.4.3 Verifica Soletta di fondazione

Al presente punto si riporta la verifica a flessione della soletta. Per comprendere la direzione delle sollecitazioni sulla platea si considera il seguente sistema di riferimento:



Direzione 1:

In direzione 1 con un'armatura diffusa composta da:

1Ø12/20 '' (sopra)

1Ø12/20 '' (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5,65	5
			2	5,65	15

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN

M_{xEd} kNm

M_{yEd} kNm

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T Circolare

Rettangoli Coord.

Materiali

B450C	C25/30
ε _{su} 67,5 ‰	ε _{c2} 2 ‰
f _{yd} 391,3 N/mm²	ε _{cu} 3,5 ‰
E _s 200.000 N/mm²	f _{cd} 14,17
E _s /E _c 15	f _{cc} /f _{cd} 0,8
ε _{syd} 1,957 ‰	σ _{c,adm} 9,75
σ _{s,adm} 255 N/mm²	τ _{co} 0,6
	τ _{c1} 1,829

M_{xRd} 36,24 kN m

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ε_c 3,5 ‰

ε_s 11,67 ‰

d 15 cm

x 3,46 x/d 0,2307

δ 0,7283

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

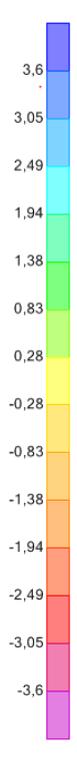
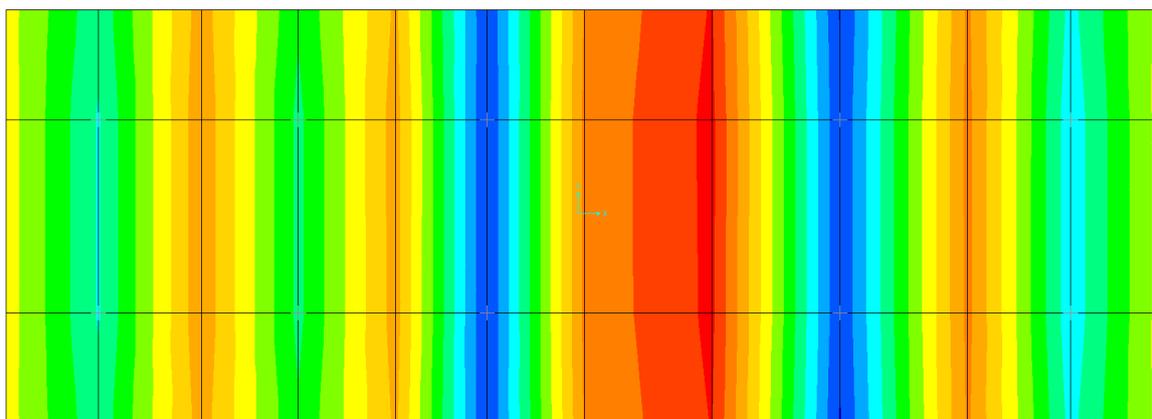
Precompresso

$$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>108 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	108 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	108 di 113								

Fondazione Rigida:

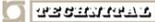
Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al celeste



*Momento Aree in Fuxia
3,6 [tm]*

*Momento Aree in Celeste
3,6 [tm]*

[OK, Verificato]

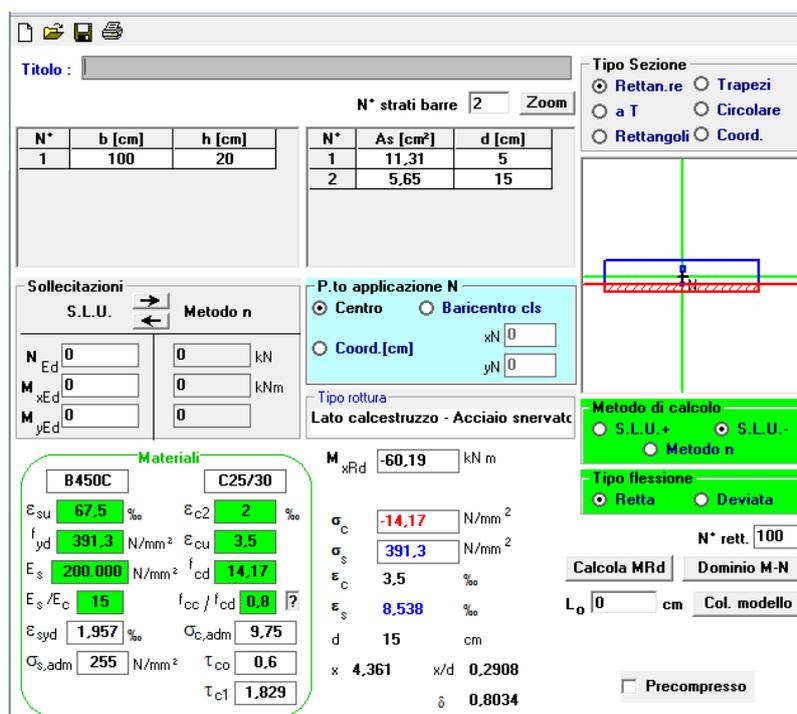
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE   	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOLLIO</td> </tr> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>109 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	109 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	109 di 113								

Nelle zone in cui non si ha il rispetto delle verifiche di resistenza (estradosso delle travi di fondazione) si predispone la seguente armatura aggiuntiva:

$1\emptyset 12/20'' + 1\emptyset 12/20''$ (sopra)

$1\emptyset 12/20'''$ (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:



The screenshot shows a software interface for structural analysis. Key sections include:

- Titolo:** [Empty field]
- N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20
- Table 2:**

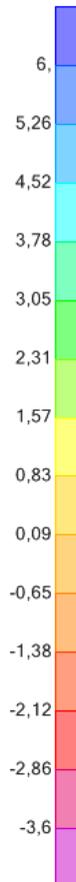
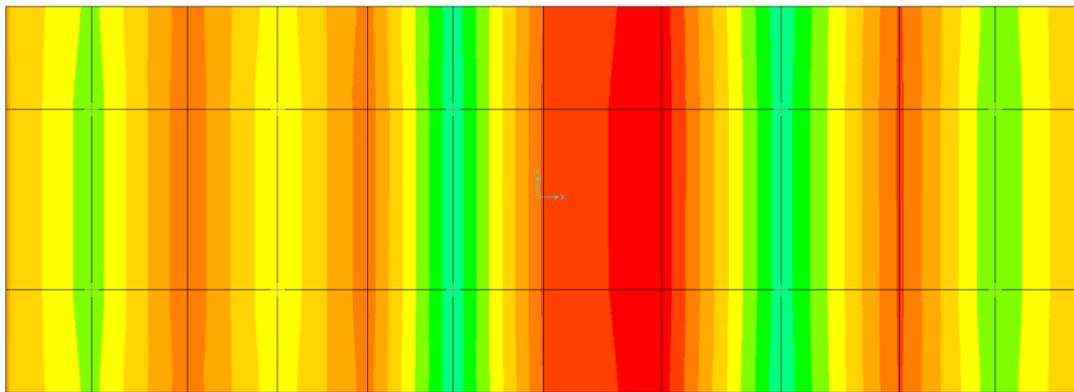
N°	As [cm²]	d [cm]
1	11,31	5
2	5,65	15
- Sollecitazioni:** S.L.U. / Metodo n
- P.to applicazione N:** Centro / Baricentro cls
- Materiali:**
 - B450C: $E_{su} = 67,5$ ‰, $f_{yd} = 391,3$ N/mm², $E_s = 200.000$ N/mm², $E_s/E_c = 15$, $\sigma_{s,adm} = 255$ N/mm²
 - C25/30: $\epsilon_{c2} = 2$ ‰, $\epsilon_{cu} = 3,5$ ‰, $f_{cd} = 14,17$, $\sigma_{c,adm} = 9,75$, $\tau_{co} = 0,6$, $\tau_{c1} = 1,829$
- Calcolo:** $M_{xRd} = -60,19$ kN m, $\sigma_c = -14,17$ N/mm², $\sigma_s = 391,3$ N/mm², $\epsilon_c = 3,5$ ‰, $\epsilon_s = 8,538$ ‰, $d = 15$ cm, $x = 4,361$, $x/d = 0,2908$, $\delta = 0,8034$
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ / Metodo n
- Tipo flessione:** Retta / Deviata
- Calcoli:** Calcola MRd, Dominio M-N, $L_0 = 0$ cm, Col. modello
- Precompresso:** [Checked]

$$M_{Rd} = 6 \text{ [tm]}$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>110 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	110 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	110 di 113								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu.



Momento Aree in Rosso
3,6 [tm]

Momento Aree in Blu
6,00 [tm]

[OK, Verificato]

NOME DOCUMENTO

AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA -
STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	111 di 113

Direzione 2:

In direzione 2 con un'armatura diffusa composta da:

1Ø12/20 '' (sopra)

1Ø12/20 '' (sotto)

Il momento resistente di una striscia di platea larga un metro è pari ad:

Titolo : _____

N° strati barre **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5,65	5
2	5,65	15

Tipologia Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C25/30**
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c ‰
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

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

Tipologia flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_o cm **Col. modello**

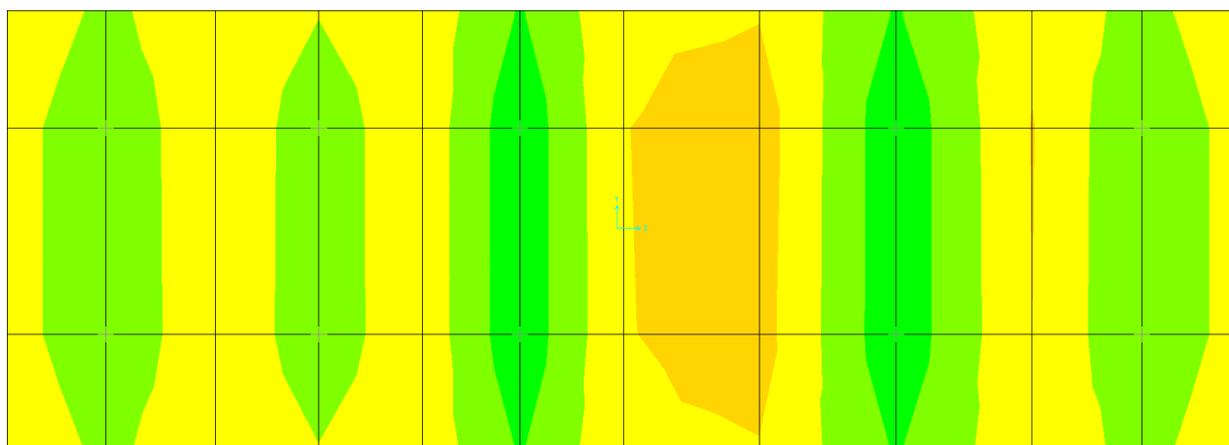
Precompresso

$M_{Rd} = 3,6 \text{ [tm]}$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>112 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	112 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	112 di 113								

Fondazione Rigida:

Con il momento resistente calcolato si ha il rispetto della verifica di resistenza nelle zone campite dal fuxia al blu



*Momento Aree in Fuxia
3,6 [tm]*

*Momento Aree in Blu
3,6 [tm]*

[OK, Verificato]

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DEL SISTEMA DEGLI ASSI DI FORZA PER IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE (RETE FILOVIARIA E STRUTTURE CONNESSE)												
NOME DOCUMENTO AREA A SERVIZIO DEL CAPOLINEA DEGOLA - STRUTTURE:RELAZIONE DI CALCOLO PENSILINA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E21D</td> <td>00 D Z3</td> <td>RH</td> <td>FA4300106</td> <td>A</td> <td>113 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	113 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
E21D	00 D Z3	RH	FA4300106	A	113 di 113								

12.5 Analisi conclusive in merito alla verifica delle fondazioni

In seguito alle analisi svolte ed alle valutazioni effettuate sui risultati ottenuti in termini di resistenza e di deformabilità è possibile affermare che l'organismo strutturale così progettato e tutti gli elementi che lo compongono rispettano i limiti e le prestazioni richieste da normativa.

Inoltre si dispone la seguente prescrizione:

La relazione geologica a nostra disposizione non riporta delle indagini penetrometriche riferite al sito della costruzione. Pertanto nelle verifiche riportate ai punti precedenti si impiegano dei parametri geotecnici cautelativi i quali in fase esecutiva dovranno essere opportunamente verificati mediante prove geologiche in sito. Inoltre la fondazione oggetto di verifica è progettata considerando un andamento altimetrico del terreno pianeggiante. Nel caso in cui tale ipotesi non risulti essere verificata si deve necessariamente modificare la tipologia di fondazione inserendo pali e/o muri di sostegno.

13. Allegato A

Il codice di calcolo utilizzato è "Sap 2000 - licenza n° SN:265B".