

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE: A.T.I. CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L.(Capogruppo) – SICURBAU S.R.L.



PROGETTAZIONE: A.T.I. CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L. – SICURBAU S.R.L.

**PROGETTO ESECUTIVO**

**LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA**

**Lotto funzionale Treviglio-Brescia**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

**BARRIERE ANTIRUMORE**

Relazione di calcolo fondazioni

**CAR SEGNALETICA STRADALE S.R.L.**  
APPALTATORE  
C.da Piarra 2, I. SNC  
Tel. 0824.875215 - 0824.875189 - Fax 0824.875174  
82030 PONTE (Bn)  
Partita Iva 01 049 090 622

**SICURBAU S.R.L.**  
Via Rivolta SNC  
82030 TORRECUSO (BN)  
P. IVA e C.F. 02 477 240 218

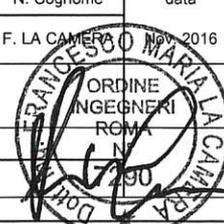
SCALA:

-

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

INOG 00 E ZZ CL RI0000 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	N. Cognome S.FRENNNA	data Sett. 2016	N. Cognome S.FRENNNA	data Sett. 2016	N. Cognome F. LA CAMERA	data Sett 2016	N. Cognome data
B	Emissione Esecutiva	N. Cognome S.FRENNNA	data Nov. 2016	N. Cognome S.FRENNNA	data Nov. 2016	N. Cognome F. LA CAMERA	data Nov. 2016	S.FRENNNA Novembre 2016



File: INOG00EZZCLRI0000001C.doc

n. Elab.: 8.2

Progetto cofinanziato  
dalla Unione Europea

CIG: 6156342621

CUP: J41C07000000001



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## INDICE

1	PREMESSA .....	6
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	8
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	10
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
3.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	10
3.3	DOCUMENTI SUPERATI.....	11
4	ALLEGATI .....	11
5	MATERIALI PRESCRITTI.....	12
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO .....	13
7	DESCRIZIONE DEI CARICHI AGENTI .....	14
7.1	PESO PROPRIO .....	14
7.2	PRESSIONE AERODINAMICA DEI CONVOGLI.....	14
7.2.1	<i>Carichi statici equivalenti</i> .....	15
7.3	PRESSIONE DEL VENTO.....	16
7.4	AZIONI CONSIDERATE.....	17
8	COMBINAZIONI DI CARICO .....	19
8.1	VERIFICHE A S.L.U. ....	19
8.2	VERIFICHE A S.L.E.....	21
8.3	AZIONI SUI PALI DI FONDAZIONE (S.L.U.).....	22
8.4	AZIONI SUI PALI DI FONDAZIONE (S.L.E.) .....	24
9	METODOLOGIA DI ANALISI GEOTECNICA E STRUTTURALE.....	25
9.1	ANALISI AD ELEMENTI FINITI .....	25
9.2	CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE.....	27

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 3 di 120

9.3	PORTANZA PER CARICHI LATERALI.....	27
9.4	PORTANZA PER CARICHI VERTICALI.....	29
10	BARRIERE H3 .....	30
10.1	DATI DI CARICO .....	30
10.2	CALCOLO PROFONDITÀ DI INFISSIONE .....	31
10.3	PORTANZA A CARICHI ORIZZONTALI.....	32
	PORTANZA A CARICHI VERTICALI.....	33
10.5	VERIFICA STRUTTURALE .....	34
	10.5.1 <i>Analisi delle sollecitazioni S.L.U.</i> .....	34
	10.5.2 <i>Verifica a pressoflessione</i> .....	38
	10.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	40
	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	41
	10.5.5 <i>Calcolo della trave di collegamento</i> .....	43
11	BARRIERE H4 .....	47
11.1	DATI DI CARICO .....	47
11.2	CALCOLO PROFONDITÀ DI INFISSIONE .....	48
11.3	PORTANZA A CARICHI ORIZZONTALI.....	49
	PORTANZA A CARICHI VERTICALI.....	50
11.5	VERIFICA STRUTTURALE .....	51
	11.5.1 <i>Analisi delle sollecitazioni S.L.U.</i> .....	51
	11.5.2 <i>Verifica a pressoflessione</i> .....	55
	11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	57
	11.5.4 <i>Verifica a fessurazione</i> .....	58
	11.5.5 <i>Calcolo della trave di collegamento</i> .....	60
12	BARRIERE H5 .....	64

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

12.1	DATI DI CARICO .....	64
12.2	CALCOLO PROFONDITÀ DI INFIESSIONE .....	65
12.3	PORTANZA A CARICHI ORIZZONTALI.....	66
12.4	PORTANZA A CARICHI VERTICALI.....	67
12.5	VERIFICA STRUTTURALE S.L.U.....	68
	12.5.1 <i>Analisi delle sollecitazioni</i> .....	68
	12.5.2 <i>Verifica a pressoflessione</i> .....	72
	12.5.3 <i>Verifica a taglio</i> .....	74
	12.5.4 <i>Verifica a fessurazione</i> .....	75
	<i>Calcolo della trave di collegamento</i> .....	77
13	BARRIERE H6.5 .....	81
	13.1 DATI DI CARICO .....	81
	13.2 CALCOLO PROFONDITÀ DI INFIESSIONE .....	82
	13.3 PORTANZA A CARICHI ORIZZONTALI.....	83
	PORTANZA A CARICHI VERTICALI.....	84
	13.5 VERIFICA STRUTTURALE.....	85
	13.5.1 <i>Analisi delle sollecitazioni S.L.U.</i> .....	85
	13.5.2 <i>Verifica a pressoflessione</i> .....	89
	<i>Verifica a taglio</i> .....	91
	<i>Verifica a fessurazione</i> .....	92
	13.5.5 <i>Calcolo della trave di collegamento</i> .....	94
14	BARRIERE H6.5 (BA16-BA17) SU MICROPALI.....	98
	14.1 AZIONI SUI PALI DI FONDAZIONE .....	98
	14.2 CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE DEI MICROPALI.....	99
	14.3 VERIFICA STRUTTURALE PER AZIONI ORIZZONTALI .....	105

<p><b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b></p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b></p>					
<p>RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI</p>	<p>COMMESSA <b>INOG</b></p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO RI 00 00 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 5 di 120</p>

14.3.1	<i>Barriere H6.5</i> .....	107
14.4	CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE .....	109
14.4.1	<i>Verifiche barriere H6.5</i> .....	111
14.5	RIEPILOGO .....	115
15	VERIFICA DELLA TRAVE DI FONDAZIONE .....	116
16	CONCLUSIONI E CONFRONTI .....	119

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la descrizione generale del Progetto Esecutivo per i lavori di mitigazione acustica del tratto di interconnessione di Brescia Ovest in affiancamento alla Linea Storica fino all'ingresso del PRG di Brescia. Il progetto si inserisce nell'ambito della realizzazione della Tratta AV/AC Milano-Verona.

La soluzione che si propone per il Progetto Esecutivo prevede la modifica della tipologia delle fondazioni delle barriere, adottando una fila di pali trivellati  $\phi$  600, in luogo di una doppia fila di micropali  $\phi$ 250, ad eccezione delle fondazioni delle barriere BA16 e la BA17 che mantengono le fondazioni su micropali.

Poichè il Progetto Esecutivo vuole configurarsi in perfetta continuità con il Progetto Definitivo approvato, tutte le ipotesi sui materiali, le norme adottate, le caratteristiche dei terreni e le condizioni di carico sono integralmente richiamati dalla "Relazione di calcolo fondazioni" (elaborato IN4104D26CLRI0000001B) del Progetto Definitivo, salvo quanto specificatamente indicato nella presente.

### *Descrizione dell'intervento*

Gli interventi di opere civili previsti nel presente progetto sono costituiti dalla realizzazione delle barriere antirumore a nord della linea storica Milano-Brescia.

Gli interventi sono individuati planimetricamente con riferimento alla progressivazione del profilo longitudinale della linea storica ovvero con riferimento al binario pari (sud).

Per completezza e al fine di coordinare l'intervento con i restanti interventi che intervengono nello stesso ambito territoriale è stato inserito in aggiunta il riferimento della corrispettiva progressiva riferita al binario pari AV, sebbene lo sviluppo e la posizione planimetrica di tale binario si discosti talvolta in maniera considerevole dalla sede della linea storica.

Nel dettaglio i limiti dell'intervento sono definiti dalle e pk 84+094.50 della linea storica (corrispondente alla pk 18+632 dell'Interconnessione AV di Brescia Ovest).

La tratta di intervento ha origine ad ovest di via Trepola in Ospitaletto (BS), alla progressiva chilometrica 72+391.10 binario pari della linea storica (corrispondente alla pk 6+900 dell'Interconnessione AV di Brescia Ovest), e termina a est della stazione di Brescia Centrale in corrispondenza della progressiva chilometrica 84+094.50 binario pari della linea storica (corrispondente alla pk 18+632 dell'Interconnessione AV di Brescia Ovest).

La tratta di intervento, che si sviluppa per circa 11.7 Km, prevede la realizzazione delle Barriere Antirumore sul lato nord della linea storica Milano-Venezia e in particolare i limiti del nuovo intervento sono:

<p><b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b></p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p> <p><b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b></p>												
<p>RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI</p>	<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><b>INOG</b></td> <td>00</td> <td>E ZZ CL</td> <td>RI 00 00 001</td> <td>C</td> <td>7 di 120</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	<b>INOG</b>	00	E ZZ CL	RI 00 00 001	C	7 di 120
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
<b>INOG</b>	00	E ZZ CL	RI 00 00 001	C	7 di 120								

per un primo tratto, di circa 4.9 km , l'intervento si sviluppa nei limiti di intervento del General Contractor Cepav Due che realizza la Tratta AV/AC Milano-Verona con esclusione della realizzazione delle Barriere Antirumore a nord della LS;

per un secondo tratto, di circa 6.8 km, l'intervento è in corrispondenza dei limiti di intervento del PD per Appalto dell'ingresso urbano dell'interconnessione di Brescia ovest e PRG di Brescia Centrale.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione tecnico-strutturale tratta la progettazione e la verifica statica delle fondazioni di linea delle barriere, poste ad una distanza minima dall'asse del binario più vicino pari a 4,10 m e ancorate alla fondazione tramite piastra di base e tirafondi.

La trave, di altezza complessiva 100 cm e larghezza 80 cm, è realizzata in c.a.o. e fondata su una fila di pali  $\phi 600$  posti in asse ai montanti della barriera, ossia ad un interasse di m.3.00.

Di seguito si riporta una sezione tipologica della barriera e della fondazione.

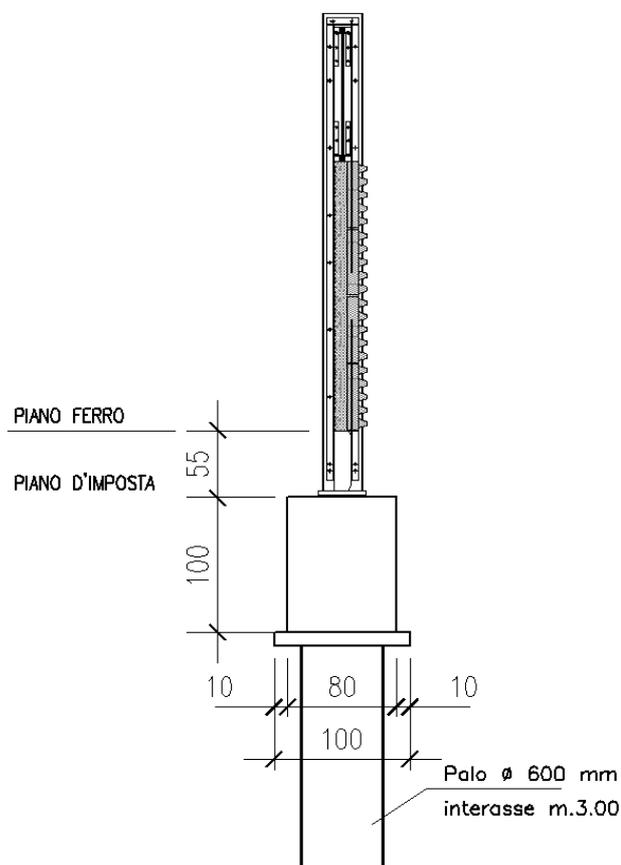


Figura 1 – sezione fondazione di linea BFA

ALTEZZE MONTANTI E PANNELLATURE						
H_barr (da p.f.)	H_mont	H_irr	H_cls	H_acc	H_vetro	L_pali
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
3	3.50	1	2	0	1	7
4	4.50	1.5	2	0.5	1.5	7
5	5.50	2.7	2	1.5	1.5	8
6.5	7.00	4	2	3	1.5	8

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

In particolare le tipologie di barriera progettate e verificate nella presente relazione sono le seguenti, riferite alla linea storica Milano-Brescia, binario pari:

	WBS	Sviluppo	Altezza	Progressive	
		m		dal Km	al Km
Lato Binario Dispari	BA01	412,00	H4	74+527,07	74+936,07
	BA02	341,50	H3	75+034,22	75+375,72
	BA03	108,00	H5	75+375,72	75+483,72
	BA04	207,00	H3	75+483,72	75+690,72
	BA05	207,00	H5	76+493,40	76+699,55
	BA06	227,00	H5	77+421,07	77+648,07
	BA07	258,00	H5	77+742,00	77+997,00
	BA08	123,00	H4	78+538,90	78+658,90
	BA09	681,90	H5	78+658,90	79+316,8
	BA10	343,00	H4	79+344,80	79+684,8
	BA11	158,60	H3	79+910,14	80+063,90
	BA12	147,20	H5	80+063,90	80+210,46
		17,00	H5	80+222,46	80+239,46
	BA13	918,00	H4	80+274,11	81+189,11
	BA14	71,50	H6.5	81+189,11	81+260,61
		12,00	H6.5	81+264,11	81+276,11
	BA15	479,80	H6.5	81+296,61	81+771,61
	BA16	97,80	H6.5	81+802,90	81+895,90
	BA17	55,50	H6.5	81+918,01	81+973,51
		18,00	H6.5	81+984,03	82+002,03
BA18	174,00	H4	82+146,07	82+319,94	
BA19	222,05	H6.5	83+775,22	83+982,59	
BA20	98,50	H6.5	83+996,55	84+089,05	

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento è la seguente:

- Rif. [1] **RFI DTC INC PO SP IFS 003A** – Verifiche a fatica dei ponti ferroviari.
- Rif. [2] **RFI DTC INC CS SP IFS 001A** – Specifiche per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- Rif. [3] **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A** - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- Rif. [4] **Disciplinare tecnico** – Barriere antirumore per impieghi ferroviari - Edizione 1998 e successive modificazioni e/o integrazioni di cui all'allegato 1.
- Rif. [5] **RFI 24.03.04** “Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle barriere antirumore”.
- Rif. [6] **UNI 9503:2007** “Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio”.
- Rif. [7] **D.M. del 14/01/2008** – Nuove norme tecniche relative per le costruzioni.
- Rif. [8] **Circ. Min. 2/02/2009 n°617**: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni”;

#### 3.2 Documenti correlati

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- Rif. [9] IN0G00EZZCLRI000002 – Relazione di calcolo montanti
- Rif. [10] IN0G00EZZRGGE0005001 – Relazione geotecnica generale

n.	BARRIERE ANTIRUMORE																			
8.1	Relazione tecnico strutturale	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	R	G	R	I	0	0	0	0	0	1
8.3	Relazione di calcolo montanti	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	C	L	R	I	0	0	0	0	0	2
8.7	Piante e prospetti - Tav. 1 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	1
8.8	Piante e prospetti - Tav. 2 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	2
8.9	Piante e prospetti - Tav. 3 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	3
8.10	Piante e prospetti - Tav. 4 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	4
8.11	Piante e prospetti - Tav. 5 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	5
8.12	Piante e prospetti - Tav. 6 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	6
8.13	Piante e prospetti - Tav. 7 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	7

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

8.14	Piante e prospetti - Tav. 8 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	0	8
8.15	Piante e prospetti - Tav. 9 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	0	9
8.16	Piante e prospetti - Tav. 10 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	1	0
8.17	Piante e prospetti - Tav. 11 di 11	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	9	R	I	0	0	0	0	0	1	1
8.18	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 3.00 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	0	1
8.19	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 4.00 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	0	2
8.20	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 5.00 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	0	3
8.21	Carpenteria fondazioni barriere antirumore (H = 6.50 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	0	4
8.22	Carpenteria fondazioni barriere antirumore BA16 e BA17 (H = 6.50 m da P.F.)	I	N	0	G	0	0	E	Z	Z	B	Z	R	I	0	0	0	0	0	0	5

### 3.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti annullati o superati.

## 4 ALLEGATI

Non sono presenti documenti allegati.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 5 MATERIALI PRESCRITTI

- calcestruzzo C25/30 (pali di fondazione):

Classe di esposizione XC2

Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$

$\alpha_{cc} = 0.85$   $\gamma_m = 1.5$   $f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$

Ampiezza limite delle fessure: 0.4 mm (comb. frequente), 0.3 mm (comb. quasi permanente)

- calcestruzzo C28/35 (travi di collegamento):

Classe di esposizione XF3

Resistenza cubica caratteristica  $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica  $f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione semplice  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$

$\alpha_{cc} = 0.85$   $\gamma_m = 1.5$   $f_{cd} = 15.87 \text{ N/mm}^2$

Ampiezza limite delle fessure: 0.3 mm (comb. frequente), 0.2 mm (comb. quasi permanente)

- acciaio da cemento armato normale B450C:

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

resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$\gamma_s = 1.15$   $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$

- acciaio per carpenteria metallica S355:

tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$

resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m$

$\gamma_s = 1.05$   $f_{yd} = 338 \text{ N/mm}^2$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 13 di 120

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Le caratteristiche geotecniche del sito su cui verrà realizzata l'opera sono desunte dalla *Relazione Geotecnica Generale* (elaborato IN4104D26RGGE0005001A), dalla *Relazione di calcolo fondazioni* del Progetto Definitivo approvato (elaborato IN4104D26CLRI0000001B).

La seguente stratigrafia di progetto, adottata per il calcolo delle fondazioni, è conforme a quella assunta in sede di Progetto Definitivo, a meno di una ridefinizione in termini più conservativi, per tenere conto dell'eterogeneità lungo tutto il tracciato, del possibile degrado del terreno di superficie e per una interpretazione più conservativa degli strati ghiaiosi profondi, in conformità alle valutazioni della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica del progetto esecutivo.

L'origine del sistema di riferimento è assunta a partire da testa palo (t.p.).

Strato	da (m da t.p.)	a (m da t.p.)	$\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	Nspt
Scotico +Bonifica +Rilevato	0.00	-2.00	19	30	15
Limo sabbioso-ghiaioso	-2.00	-6.00	19	26	15
Ghiaia con sabbia limosa	-6.00	-	19	30	20-27

La falda è stata assunta a -10.0 m dal piano campagna.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 14 di 120

## 7 DESCRIZIONE DEI CARICHI AGENTI

Il calcolo delle strutture è stato effettuato considerando il peso proprio del manufatto e del suo rivestimento in pannelli fonoassorbenti in cls, acciaio e in vetro, e le pressioni o depressioni dovute al transito dei rotabili e al vento.

### 7.1 Peso proprio

Il peso proprio è costituito dal peso dei pannelli fonoassorbenti; per le successive calcolazioni si sono assunti i seguenti carichi comprensivi di telai, piatti, guarnizioni, ecc:

Peso proprio pannelli fonoisolanti in cls e argilla:	= 3,50	KN/m <sup>2</sup>
Peso proprio pannelli fonoisolanti in vetro:	= 0,50	KN/m <sup>2</sup>
Peso proprio pannelli fonoisolanti in acciaio:	= 0,30	KN/m <sup>2</sup>
Montanti in acciaio	= 78.5	KN/m <sup>3</sup>

### 7.2 Pressione aerodinamica dei convogli

Per le azioni prodotte dal passaggio dei convogli ferroviari si fa riferimento all'istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001A, con l'avvertenza che nel caso in cui la distanza ag della barriera dall'asse del binario risulti compresa tra 2.10 m e 2.30 m (situazione che comunque non si verifica nel presente progetto), la pressione da considerare è quella ottenibile mediante estrapolazione lineare dei valori indicati nei predisposti grafici per la curva considerata.

Il passaggio dei convogli induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione. L'ampiezza di tali azioni dipende principalmente dai fattori di seguito elencati:

1. dal quadrato della velocità del treno ( $v$ );
2. dalla forma aerodinamica del convoglio ( $K_1$ );
3. dalla forma della struttura ( $K_2$ );
4. dalla posizione della struttura e dalla distanza stessa dal binario ( $a_g$ ).

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa e alla coda del treno. I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni ( $\pm q_{1k}$ ). Si ha pertanto:

$$q_{1k} = f(v; a_g) \times K_1 \times K_2$$

dove:

$K_1$	= 1,00 per treni con forme aerodinamiche sfavorevoli
	= 0,85 per treni con carrozze a sagoma arrotondata
	= 0,60 per treni aerodinamici (ETR)

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia				
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>				
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV.      FOGLIO C            15 di 120

$K_2 = 1,30$  se l'altezza dell'elemento è  $\leq 1,00$  o se la larghezza è  $\leq 2,50$ ; altrimenti  $K_2 = 1,00$

$a_g$  = distanza dalla mezzeria del binario vicino

- Per linee con velocità massima  $V_{max} \leq 160$  km/h:

sia per le *VERIFICHE STATICHE* che per le *VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ* si dovrà assumere il valore minimo

$$P_{tot\ min} = P_{vento} + P_{aerodinamica} = 1.50 \text{ KN/m}^2$$

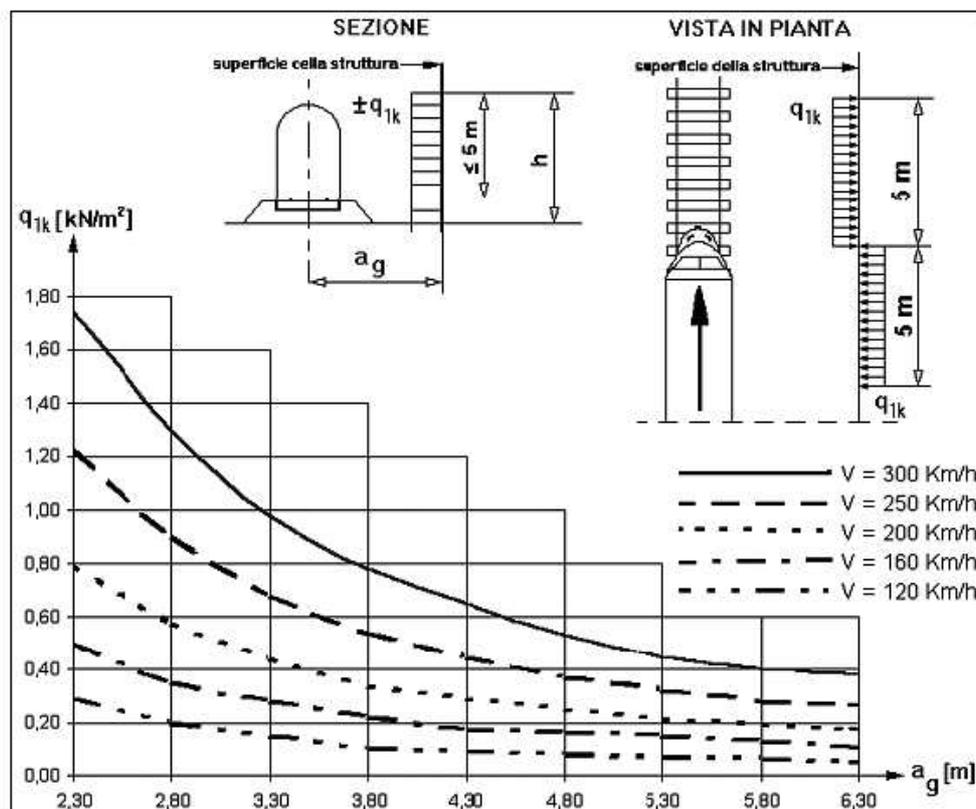
Opportunamente aumentato utilizzando i coefficienti parziali:

- $\gamma = 1.5$  per le verifiche SLU
- $\gamma = 1$  per le verifiche SLE e di deformabilità

### 7.2.1 Carichi statici equivalenti

Nel caso specifico considerando una velocità massima di percorrenza di un convoglio con forme aerodinamiche sfavorevoli pari a  $V=160$  km/h, dall'abaco riportato in normativa si evince che per:

$$a_g \cong a_{g\ min} = 4.00 \text{ m}$$



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

si ha:

$$f(v; a_g) = 0.20 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{1k} = q_{4k} \cong 1.00 \times 0.20 = 0.20 \text{ KN/m}^2$$

Tale valore è comunque cautelativo, poichè nel tratto in esame la velocità massima dei convogli è pari a 145km/h, velocità non riportata nel diagramma di normativa.

### 7.3 Pressione del vento

La pressione del vento è stata valutata in accordo con il DM 14/01/08 e relativa istruzione (Circolare 2 Febbraio 2009). Le calcolazioni effettuate forniscono:

#### Vento (DM 14.1.2008)

$p_v = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ (kN/mq)	<b>0.997</b>
$q_{ref} = v_{ref}^2 / 1.6$ (kN/mq)	0.391
as = altitudine del sito slm (m)	320
Zona	1
$v_{ref,0}$ (m/s)	25
a0 (m)	1000
ka (1/s)	0.010
$v_{ref}$	25
z = altezza della costruzione sul suolo (m)	7.3
Classe rugosità (A,B,C,D)	B
Categoria di esposizione del sito	IV
kr	0.22
zo (m)	0.3
zmin (m)	8
ce = coefficiente di esposizione	2.124
ct = coefficiente di topografia	1.216
H = altezza rilevato	5
Beta	0.216
Gamma	1.000
cp = coefficiente di forma	1.2
cd = coefficiente dinamico a f.d.s.	1

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

#### 7.4 Azioni considerate

La somma delle azioni dovute agli effetti del vento e della pressione e depressione aerodinamica dovuta ai convogli ferroviari risulta pari a:

$$P_{\text{tot}} = q_{1k} + p_v = 0.20 + 0.997 = 1.197 \text{ kN/m}^2$$

è inferiore al valore minimo previsto dal “Disciplinare tecnico”, edizione 1998 e successive modificazioni e/o integrazioni, pari a:

$$P = 1.50 \text{ kN/m}^2$$

Per un interasse di 3.00 tra i montanti della barriera acustica si avranno i seguenti carichi ripartiti agenti su ogni elemento strutturale:

$$p_{\text{SLE}} = 1.50 \cdot 3 = 4.50 \text{ kN/m}$$

$$p_{\text{SLU}} = 1.5 \cdot 1.5 \cdot 3 = 6.75 \text{ kN/m}$$

#### PESI PROPRI

H_mont	Pmontante	P_cls	P_acc	P_vetro
[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
3.5	2.02	21.00	0	1.5
4.5	2.71	21.00	0.45	2.25
5.5	3.77	21.00	1.35	2.25
7	5.09	21.00	2.7	2.25

#### SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE BASE MONTANTE

H_mont	N	V	M
[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
3.5	24.52	15.75	27.56
4.5	26.41	20.25	45.56
5.5	28.37	24.75	68.06
7	31.04	31.50	110.25

La trave di fondazione ha una sezione rettangolare, con altezza pari a 1m e larghezza 0.80m. La sezione ha un'area di 0.80mq, per un peso di 20.0 kN/ml, pari a 60.0 kN sui 3metri.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Di seguito sono riportate le azioni alla base del cordolo di fondazione, calcolate considerando, a favore di sicurezza, anche l'altezza del cordolo.

Tale assunzione è stata effettuata per tenere conto eventuali danneggiamenti o zone in cui il ricoprimento del cordolo venga a mancare, esponendo quindi al vento tutta la fondazione:

#### SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE ESTRADOSSO PALI

<b>H_mont</b>	<b>H_tot</b>	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
3.5	4.6	90.52	20.70	47.61
4.5	5.6	92.41	25.20	70.56
5.5	6.6	94.37	29.70	98.01
7	8.1	97.04	36.45	147.62

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

### 8.1 Verifiche a S.L.U.

Le azioni elementari vengono combinate come prescritto dalla Normativa di riferimento:

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

I coefficienti  $\gamma$  e  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti:

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

**Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica**

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Q1}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Si utilizza l'Approccio 1 che consta di due combinazioni di carico:

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M1+R2)

Considerando che il peso proprio possa essere sia sfavorevole che favorevole alla stabilità, si ottengono 3 diverse combinazioni di carico:

Combinazione:	C1: A1+M1+R1		C2: A1+M1+R1		C3: A2+M1+R2	
CASO DI CARICO	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$
Peso proprio	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vento	1,50	1,00	1,50	1,00	1,30	1,00
Cordolo di base	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

<p><b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b></p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b></p>					
<p>RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI</p>	<p>COMMESSA <b>INOG</b></p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO RI 00 00 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 21 di 120</p>

## 8.2 Verifiche a S.L.E.

La verifica a fessurazione viene effettuata per le seguenti combinazioni di carico:

Combinazione di carico frequente:  $G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2}$

Combinazione di carico quasi permanente:  $G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2}$

dove, coerentemente con la succitata tabella 5.2.VI, si assumono i seguenti coefficienti di combinazione:

$$\Psi_{1j} = 0.5; \quad \Psi_{2j} = 0$$

da ciò discende che l'unica combinazione significativa di verifica è quella per carico frequente.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 8.3 Azioni sui pali di fondazione (S.L.U.)

Con riferimento alle 3 combinazioni di carico descritte al paragrafo precedente, si ottengono le sollecitazioni riportate nelle tabelle seguenti.

#### Barriere H3

<b>H=3.0</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
<b>C1</b>	117.67	31.05	71.42
<b>C2</b>	90.52	31.05	71.42
<b>C3</b>	90.52	26.91	61.89

#### Barriere H4

<b>H=4.0</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
<b>C1</b>	120.13	37.80	105.84
<b>C2</b>	92.41	37.80	105.84
<b>C3</b>	92.41	32.76	91.73

#### Barriere H5

<b>H=5.0</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
<b>C1</b>	122.68	44.55	147.02
<b>C2</b>	94.37	44.55	147.02
<b>C3</b>	94.37	38.61	127.41

#### Barriere H6.5

<b>H=6.5</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
<b>C1</b>	126.15	54.68	221.43
<b>C2</b>	97.04	54.68	221.43
<b>C3</b>	97.04	47.39	191.91

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 23 di 120

Si segnala che le azioni calcolate in fase sismica con i seguenti parametri:

Dati				
VN	50	anni	Vita nominale	
CLASSE	III		Classe d'uso	
CU	1.5	anni	Coefficiente d'uso	
			Vita di	
VR	75	anni	riferimento	
PVR	10%		Prob. di sup. nel periodo di riferimento	
TR	475	anni	Periodo di ritorno	
q	2.5		Fattore di struttura	
	C		Categoria di sottosuolo	
			Coefficiente di	amplificazione
SS	1,5		stratigrafica	
	T1		Categoria topografica	
			Coefficiente di	amplificazione
ST	1		topografica	
S	1,5		Coefficiente di suolo	

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,173 g
$F_o$	2,437
$T_C^*$	0,279 s
$S_S$	1,447
$C_C$	1,600
$S_T$	1,000
q	1,000

#### Parametri dipendenti

S	1,447
$\eta$	1,000
$T_B$	0,149 s
$T_C$	0,446 s
$T_D$	2,292 s

generano delle sollecitazioni minori rispetto a quelle calcolate con la combinazione fondamentale allo S.L.U., pertanto saranno trascurate in quanto non dimensionanti.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

#### 8.4 Azioni sui pali di fondazione (S.L.E.)

Con riferimento a quanto esposto nei precedenti paragrafi, si riassumono le sollecitazioni trasmesse in testa ai pali di fondazione nella sola combinazione di tipo "frequente", unica significativa ai fini della verifica a fessurazione.

##### Barriere H3

<b>H=3.0</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
	90.52	4.14	23.80

##### Barriere H4

<b>H=4.0</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
	92.41	5.04	35.27

##### Barriere H5

<b>H=5.0</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
	94.37	5.94	49.00

##### Barriere H6.5

<b>H=6.5</b>			
	<b>N</b>	<b>V</b>	<b>M</b>
	<b>[kN]</b>	<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>
	97.04	7.29	73.80

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 9 METODOLOGIA DI ANALISI GEOTECNICA E STRUTTURALE

### 9.1 Analisi ad elementi finiti

I pali di fondazione delle barriere, essendo prevalentemente sollecitati da carichi orizzontali, vengono calcolati mediante analisi agli elementi finiti, schematizzando il palo come trave su suolo Winkler, avente come coefficiente di sottofondo il modulo di reazione orizzontale del terreno.

In questo modo, invece di introdurre ipotesi arbitrarie sulla pressione passiva, viene preso in conto l'effettivo meccanismo resistente, che dipende dall'interazione tra il palo e il terreno circostante.

Per quanto riguarda la determinazione del modulo di reazione orizzontale del terreno, variabile con la profondità, si applica la formulazione di Bowles:

$$k_w(z) = 40 \cdot (c g_c N_c + q g_q N_q + 0,5 \gamma_t N_\gamma)$$

essendo  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  i coefficienti di portanza di Brinch-Hansen:

$$N_c = (N_q - 1) / \tan\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$N_q = \tan^2(\pi/4 + \phi/2) \cdot e^{\pi \tan\phi}$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan\phi$$

e  $g_c$  e  $g_q$  i coefficienti correttivi per l'inclinazione del terreno:

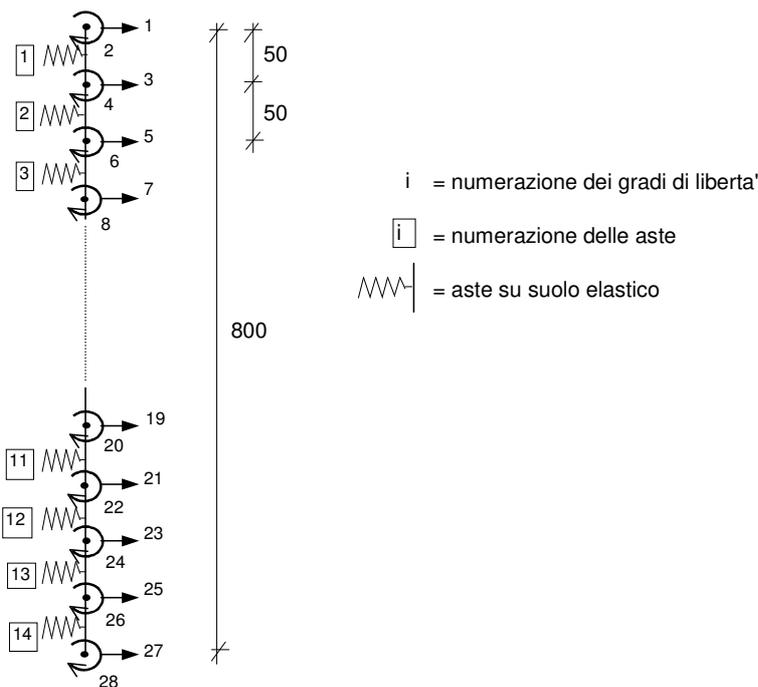
$$g_c = g_q = (1 - \tan\beta)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$\beta = \text{inclinazione del terreno } [^\circ]$$

La determinazione delle sollecitazioni, note le caratteristiche geometriche, meccaniche e di carico, viene condotta con i consueti criteri della scienza delle costruzioni, applicando il metodo degli spostamenti.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

A titolo esemplificativo, si riporta lo schema statico adottato per pali da m.8.00, con mesh da m.0,50, con l'indicazione delle aste e dei gradi di libertà adottati e i valori di calcolo dei moduli di reazione orizzontale.



Inclinazione della scarpata a valle paratia: 34 °  
 Profondità finale della scarpata a valle paratia: 2.5 m  
 Diametro del palo D = 0.6 m

quota da fondo scavo [m]	coesione [t/m <sup>2</sup> ]	peso spec. [t/mc]	ang. attr. [°]	q [t/m <sup>2</sup> ]	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	g <sub>c</sub> , g <sub>q</sub>	k <sub>w</sub> [kg/cm <sup>3</sup> ]
0.00	0	1.9	30	0	30.13963	18.40112	22.4025	0.10594471	0.5108
0.25	0	1.9	30	0.475	30.13963	18.40112	22.4025	0.10594471	0.5478
0.75	0	1.9	30	1.425	30.13963	18.40112	22.4025	0.10594471	0.6219
1.25	0	1.9	30	2.375	30.13963	18.40112	22.4025	0.10594471	0.6960
1.75	0	1.9	30	3.325	30.13963	18.40112	22.4025	0.10594471	0.7701
2.25	0	1.9	26	4.275	22.25441	11.8542	12.5388	0.10594471	0.5006
2.75	0	1.9	26	5.225	22.25441	11.8542	12.5388	1	2.7634
3.25	0	1.9	26	6.175	22.25441	11.8542	12.5388	1	3.2139
3.75	0	1.9	26	7.125	22.25441	11.8542	12.5388	1	3.6643
4.25	0	1.9	26	8.075	22.25441	11.8542	12.5388	1	4.1148
4.75	0	1.9	26	9.025	22.25441	11.8542	12.5388	1	4.5653
5.25	0	1.9	26	9.975	22.25441	11.8542	12.5388	1	5.0157
5.75	0	1.9	26	10.925	22.25441	11.8542	12.5388	1	5.4662
6.25	0	1.9	30	11.875	30.13963	18.40112	22.4025	1	9.2513
6.75	0	1.9	30	12.825	30.13963	18.40112	22.4025	1	9.9506
7.25	0	1.9	30	13.775	30.13963	18.40112	22.4025	1	10.6498
7.75	0	1.9	30	14.725	30.13963	18.40112	22.4025	1	11.3490
8.25	0	1.9	30	15.675	30.13963	18.40112	22.4025	1	12.0483
8.75	0	1.9	30	16.625	30.13963	18.40112	22.4025	1	12.7475
9.25	0	1.9	30	17.575	30.13963	18.40112	22.4025	1	13.4468
9.75	0	1.9	30	18.525	30.13963	18.40112	22.4025	1	14.1460

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 9.2 Calcolo della profondità di infissione

Per la valutazione della profondità di infissione del palo, si è assunto come criterio guida la minimizzazione dello spostamento a fondo scavo.

A tale scopo, per ogni tipologia di fondazione, si effettua una analisi per varie lunghezze di pali, diagrammando lo spostamento a fondo scavo in funzione della lunghezza di infissione.

In generale, lo spostamento si riduce al crescere della lunghezza di infissione, mentre la variazione dello spostamento tende ad azzerarsi in corrispondenza di una determinata lunghezza che sarà assunta come la lunghezza di infissione di progetto del palo, a meno di uno scarto di circa il 10 %.

## 9.3 Portanza per carichi laterali

Data la prevalenza dei carichi orizzontali sul palo, si effettua la verifica di capacità portante orizzontale, secondo la teoria di Reese e Broms.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili sono indicati come “palo corto” (non si raggiunge il momento di plasticizzazione nel palo), “palo intermedio” (si raggiunge il momento di plasticizzazione nel palo all’attacco tra palo e cordolo, solo per palo con rotazione in testa impedita), “palo lungo” (il momento di plasticizzazione viene raggiunto anche in una sezione intermedia del palo).

Per pali liberi in testa di ruotare:

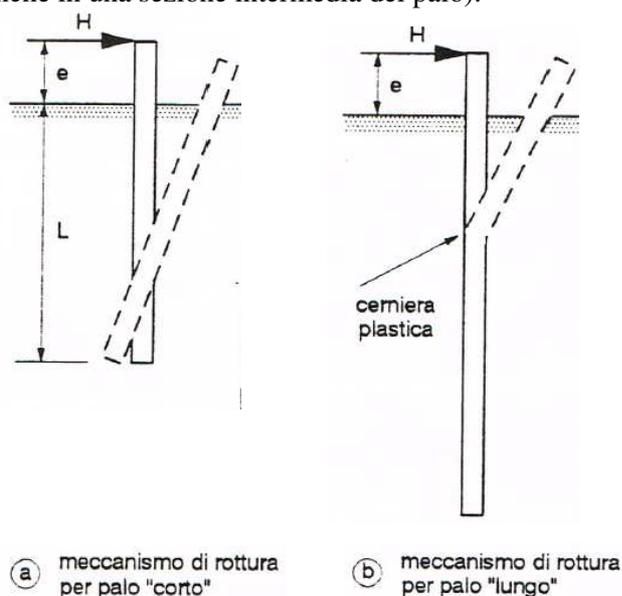


Figura 9-1: Meccanismi di rottura del palo

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia				
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>				
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. FOGLIO C 28 di 120

Definiti i seguenti parametri:

$H_{lim}$  = azione orizzontale limite

$K_p$  = coefficiente di spinta passiva

$\gamma$  = peso specifico del terreno

$d$  = diametro del palo

$e$  = tratto di testa non reagente

$L$  = tratto di palo infisso

$M_y$  = momento di plasticizzazione del palo

si riporta la formulazione per palo libero in testa, in terreni incoerenti:

- palo corto:

$$\frac{H_{lim}}{k_p \gamma' d^3} = \frac{d}{2(e+L)} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^3$$

- palo lungo:

$$\frac{H_{lim}}{k_p \gamma' d^3} \cdot \left(\frac{e}{d} + 0.544 \sqrt{\frac{H}{k_p \gamma' d^3}}\right) = \frac{M_y}{k_p \gamma' d^4}$$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

#### 9.4 Portanza per carichi verticali

La portanza resistente del palo a compressione risulta:

$$R_p = (Q_{punta} / \gamma_b + Q_{later} / \gamma_s) / \xi - 1.3 P'_{palo}$$

dove:

$\gamma_b$  = coefficiente di sicurezza del palo per resistenza di punta

$\gamma_s$  = coefficiente di sicurezza del palo per resistenza laterale

$\xi$  = fattore di correlazione, funzione del numero di verticali indagate

Il fattore  $\xi$  è pari a  $\xi_3$  per valori medi della resistenza del terreno, e  $\xi_4$  per valori minimi della resistenza del terreno. Nel caso specifico si applica esclusivamente il valore  $\xi_4$ , in quanto i parametri meccanici di progetto adottati si attestano già sui valori minimi riportati in Relazione Geotecnica.

$Q_{punta}$ : Resistenza alla punta

In terreni incoerenti (secondo Berezantzev) :

$$Q_{punta} = \sigma'_v \cdot \alpha_q \cdot N_q \cdot A_p$$

$\alpha_q$  = coeff. di riduzione per effetto silos in funzione di L/D

L = lunghezza del palo

$N_q$  = calcolato con  $\phi^*$  secondo Kishida:

$$\phi^* = \phi' - 3^\circ \quad \text{per pali trivellati}$$

$Q_{later}$ : Resistenza laterale

In terreni incoerenti:

$$Q_{later} = K \cdot \sigma'_v(z) \cdot \mu \cdot A_s$$

$\sigma'_v(z)$  = tensione verticale efficace lungo il fusto del palo

$K = (1 - \sin \phi')$  coefficiente di spinta per pali trivellati

$\mu = \tan \phi'$  coefficiente di attrito

$P'_{palo}$  = Peso del palo, al netto del peso di terreno asportato

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 10 BARRIERE H3

### 10.1 Dati di carico

#### SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE ESTRADOSSO PALI

H <sub>mont</sub>	H <sub>tot</sub>	N	V	M
[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
3.5	4.6	90.52	20.70	47.61

Sollecitazioni S.L.U.:

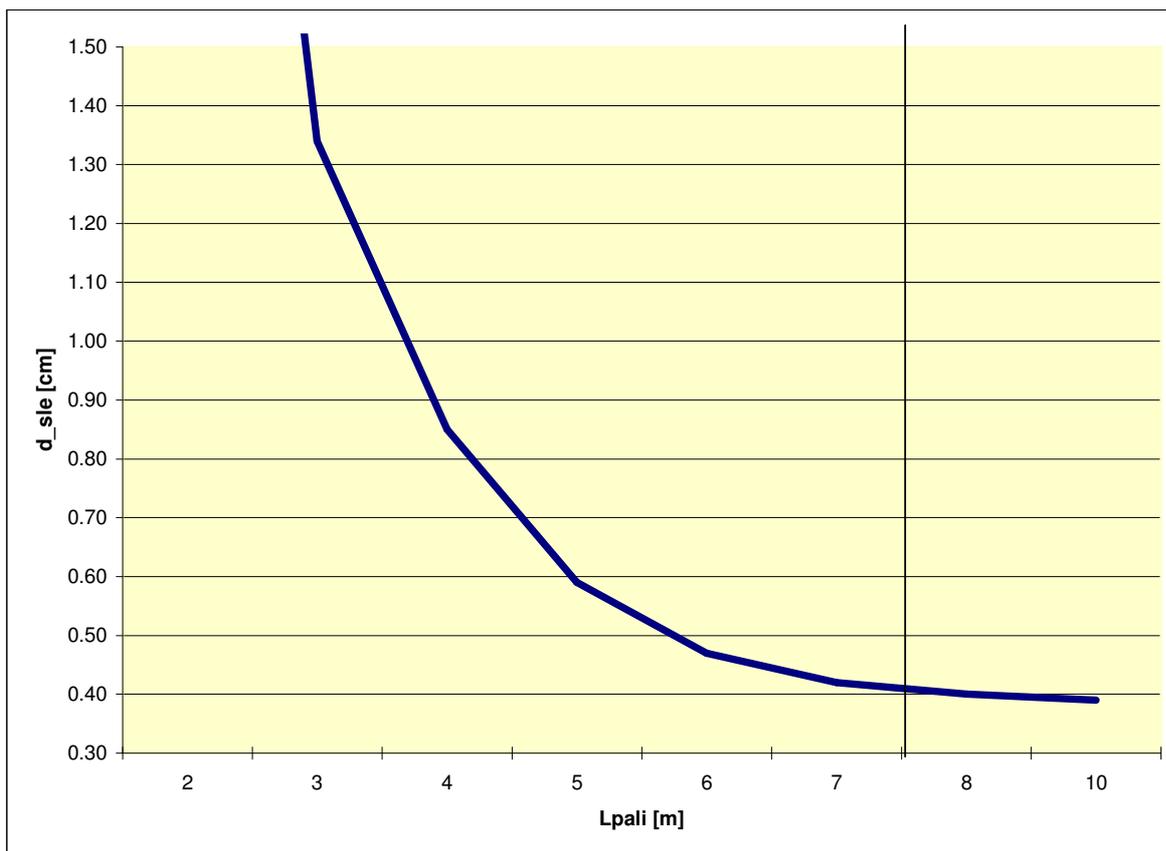
	N	V	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
<b>C1</b>	117.67	31.05	71.42
<b>C2</b>	90.52	31.05	71.42
<b>C3</b>	90.52	26.91	61.89

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 31 di 120

## 10.2 Calcolo profondità di infissione

Si riportano sinteticamente i risultati dell'analisi F.E.M. per varie lunghezze di palo, in termini di spostamento in testa alla fondazione (grado di libertà n.1), sottoposto ai carichi caratteristici, assumendo come lunghezza di progetto quella per cui lo spostamento abbia uno scarto rispetto al minimo spostamento (palo di massima lunghezza) prossimo al 10%.

Lpali [m]	2	3	4	5	6	7	8	10
d_testa [cm]	3.18	1.34	0.85	0.59	0.47	0.42	0.40	0.39
scarto %	715.38	243.59	117.95	51.28	20.51	7.69	2.56	0.00



Lunghezza di progetto del palo  
 Spostamento in testa alla fondazione

Lp = 7.00 m  
 d\_fs = 0.42 cm

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 32 di 120

### 10.3 Portanza a carichi orizzontali

Data la presenza della scarpata, si considera inefficace il primo metro di terreno a valle.

Si effettua la verifica per la combinazione C3 che risulta la più penalizzante.

Angolo di attrito interno	$\phi' =$	26 °
Peso specifico efficace	$\gamma' =$	19.00 kN/mc
Coefficiente di spinta passiva	$K_p =$	2.56
Rotazione in testa: 0: libera, 1:impedita		0
Quota di applicazione del carico da testa palo	$e_1 =$	2.30 m
Spessore di terreno superficiale non collaborante	$e_2 =$	1.00 m
Eccentricità effettiva del carico in testa	$e = e_1 + e_2 =$	3.30 m
Lunghezza efficace delpalo	$L =$	6.00 m
Diametro del palo	$d =$	0.6 m
Rapporto L/d	$L/d =$	10
Rapporto e/d	$e/d =$	5.50027
Armatura		16 $\phi$ 16
Momento di plasticizzazione	$M_y =$	324.3 kN·m
Rapporto di capacità portante orizzontale:	$H_{lim} / (K_p \gamma' d^3) =$	7.36 (palo lungo)
Carico limite orizzontale:	$H_{lim} =$	77.36 kN
Fattore di correlazione	$\xi_4 =$	1.21
Fattore riduttivo della resistenza:	$\gamma_T =$	1.6
Carico resistente orizzontale:	$H_R = H_{lim} / (\xi_4 \cdot \gamma_T) =$	39.96 kN
Coefficiente di sicurezza:	$H_R / V =$	1.48 > 1

La verifica è pertanto soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 33 di 120

#### 10.4 Portanza a carichi verticali

Quota testa pali rispetto al piano di campagna	0 m			
Coefficiente di sicurezza di $\tan\phi'$ per SLU		M1 :	$\gamma_M = 1$	
Coefficiente di riduzione della resistenza	base	$\gamma_b =$	R1	R2
	laterale	$\gamma_s =$	1	1.7
Fattore di correlazione		$\xi_4 =$	1	1.45
				$\xi_4 = 1.21$

Strato	z max [m]	spessore [m]	$\phi'$ [°]	$\phi'_{SLU}$ [°]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{v\text{ medio}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	K	tens.media palo [t/mq]
1	2	2	30	30	19	38	19	0.50	1.9
2	6	4	26	26	19	114	76	0.56	7.6
3	10	4	30	30	19	190	152	0.50	12.35
4	50	40	28	28	9	550	370	0.53	19

Lunghezza palo	7.00 m
Diametro palo	0.6 m
Rapporto L/D	11.67
Palo iniettato a pressione (1: sì, 0: no)	0
Inclinazione palo rispetto alla verticale	0 °
Profondità punta palo	7.00 m

Angolo di attrito terreno alla punta	27.00 °
Coefficiente di capacità portante $N_q$	21.19
Coefficiente di riduzione $\alpha_q$	0.61
Pressione verticale alla punta	133 kN/m <sup>2</sup>
Portata alla punta	Qpunta = 486.12 kN
Portata laterale	Qlater = 244.84 kN
Peso efficace del del palo	P'palo = 11.88 kN

Coefficiente di efficienza di gruppo	Eg = 1
--------------------------------------	--------

	Combinazione:	C1	C2	C3
Portanza resistente	Rp [kN] =	588.66	588.66	360.44
Azione verticale	N [kN] =	117.67	90.52	90.52
Coefficiente di sicurezza		5.00	6.50	3.98

Poiché il coefficiente di sicurezza è sempre >1, la verifica è soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 34 di 120

## 10.5 Verifica strutturale

### 10.5.1 Analisi delle sollecitazioni S.L.U.

Si analizza la combinazione C2 che risulta più gravosa per le verifiche strutturali.

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=3**

#### Dati generali

Modulo elastico: 314470 kg/cm<sup>2</sup>  
 Larghezza base travi Winkler: 60 cm

#### Coordinate e gradi di liberta' dei nodi

Nodo	X [cm]	Y [cm]	u	v	$\phi$
1	0.0	0.0	0	1	2
2	50.0	0.0	0	3	4
3	100.0	0.0	0	5	6
4	150.0	0.0	0	7	8
5	200.0	0.0	0	9	10
6	250.0	0.0	0	11	12
7	300.0	0.0	0	13	14
8	350.0	0.0	0	15	16
9	400.0	0.0	0	17	18
10	450.0	0.0	0	19	20
11	500.0	0.0	0	21	22
12	550.0	0.0	0	23	24
13	600.0	0.0	0	25	26
14	650.0	0.0	0	27	28
15	700.0	0.0	0	29	30

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### Caratteristiche geometriche delle aste

Asta	tipo	A[cm <sup>2</sup> ]	J[cm <sup>4</sup> ]	Kw[kg/cm <sup>3</sup> ]	Nodo1	Nodo2	Inclin.[°]	Lungh.[cm]	K1	K2
1	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	1	2	0.00	50.0		
2	fondaz.	2827.0	636173.0	0.6	2	3	0.00	50.0		
3	fondaz.	2827.0	636173.0	0.7	3	4	0.00	50.0		
4	fondaz.	2827.0	636173.0	0.8	4	5	0.00	50.0		
5	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	5	6	0.00	50.0		
6	fondaz.	2827.0	636173.0	2.8	6	7	0.00	50.0		
7	fondaz.	2827.0	636173.0	3.2	7	8	0.00	50.0		
8	fondaz.	2827.0	636173.0	3.7	8	9	0.00	50.0		
9	fondaz.	2827.0	636173.0	4.1	9	10	0.00	50.0		
10	fondaz.	2827.0	636173.0	4.6	10	11	0.00	50.0		
11	fondaz.	2827.0	636173.0	5.0	11	12	0.00	50.0		
12	fondaz.	2827.0	636173.0	5.5	12	13	0.00	50.0		
13	fondaz.	2827.0	636173.0	9.2	13	14	0.00	50.0		
14	fondaz.	2827.0	636173.0	10.0	14	15	0.00	50.0		

### Carichi applicati

Combinazione di carico n. 1:

Nodo	Fh[kg]	Fv[kg]	M[kg·cm]
1	0	3105	-714200

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 36 di 120

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=3**

### Spostamenti nodali [cm],[rad]

*Combinazione di carico n. 1:*

d ( 1 ) = 0.6259  
 d ( 2 ) = -0.0024  
 d ( 3 ) = 0.5112  
 d ( 4 ) = -0.0022  
 d ( 5 ) = 0.4070  
 d ( 6 ) = -0.0020  
 d ( 7 ) = 0.3144  
 d ( 8 ) = -0.0017  
 d ( 9 ) = 0.2340  
 d ( 10 ) = -0.0015  
 d ( 11 ) = 0.1660  
 d ( 12 ) = -0.0012  
 d ( 13 ) = 0.1102  
 d ( 14 ) = -0.0010  
 d ( 15 ) = 0.0661  
 d ( 16 ) = -0.0008  
 d ( 17 ) = 0.0324  
 d ( 18 ) = -0.0006  
 d ( 19 ) = 0.0076  
 d ( 20 ) = -0.0004  
 d ( 21 ) = -0.0103  
 d ( 22 ) = -0.0003  
 d ( 23 ) = -0.0231  
 d ( 24 ) = -0.0002  
 d ( 25 ) = -0.0327  
 d ( 26 ) = -0.0002  
 d ( 27 ) = -0.0407  
 d ( 28 ) = -0.0002  
 d ( 29 ) = -0.0481  
 d ( 30 ) = -0.0001

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 37 di 120

## Sollecitazioni nelle aste

Convenzione sui segni delle sollecitazioni:

Momenti flettenti: positivi se tendono le fibre inferiori di aste orizzontali, o se tendono le fibre sinistre di aste verticali

Sforzi normali : positivi se di compressione

### Combinazione di carico n. 1:

Asta	N1 [kg]	T1 [kg]	M1 [kg·cm]	N2 [kg]	T2 [kg]	M2 [kg·cm]	z [cm]	Mz [kg·cm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0	-3103	-714195	0	-2184	-845791	48.0	-843030	0.34
2	0	-2184	-845809	0	-1332	-932976	48.0	-931285	0.32
3	0	-1333	-932972	0	-588	-980047	48.0	-979295	0.28
4	0	-588	-980067	0	43	-992761	46.0	-992849	0.24
5	0	43	-992776	0	341	-982786	0.0	-992712	0.12
6	0	341	-982784	0	1476	-935391	0.0	-982314	0.46
7	0	1476	-935382	0	2316	-838764	0.0	-933503	0.35
8	0	2316	-838767	0	2848	-708118	0.0	-835850	0.24
9	0	2848	-708116	0	3087	-558459	0.0	-704544	0.13
10	0	3087	-558457	0	3061	-403718	48.0	-407550	0.03
11	0	3061	-403719	0	2805	-256223	48.0	-259742	
12	0	2805	-256224	0	2345	-126783	48.0	-129731	
13	0	2345	-126783	0	1325	-34079	48.0	-35771	
14	0	1325	-34077	0	0	0	48.0	-43	

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 10.5.2 Verifica a pressoflessione

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Palo diametro cm.60 per barriera H3**

#### Dati generali

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 30.0

#### Geometria della sezione

Diametro della sezione [cm]: 60.0

#### Armature della sezione

Copriferro delle armature [cm]: 6.5  
 Armatura complessiva : 16 ø 16

#### Sollecitazioni di progetto

Combinazione	N [kN]	Mx [kN·cm]	My [kN·cm]
1 C2	90.52	9927.00	0.00

#### Verifiche

Comb.	$\lambda_{min}$	Nd [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Nlim [kN]	$\mu_N$	Mxd [kN·cm]	Mmin [kN·cm]	Mmax [kN·cm]	$\mu_{Mx}$
1	391	90.52	-828.48	4724.69	4416.42	48.79	10198.56	-27714.10	27714.10	2.72

**S.T.E. srl**  
**Italiana Sistemi srl**

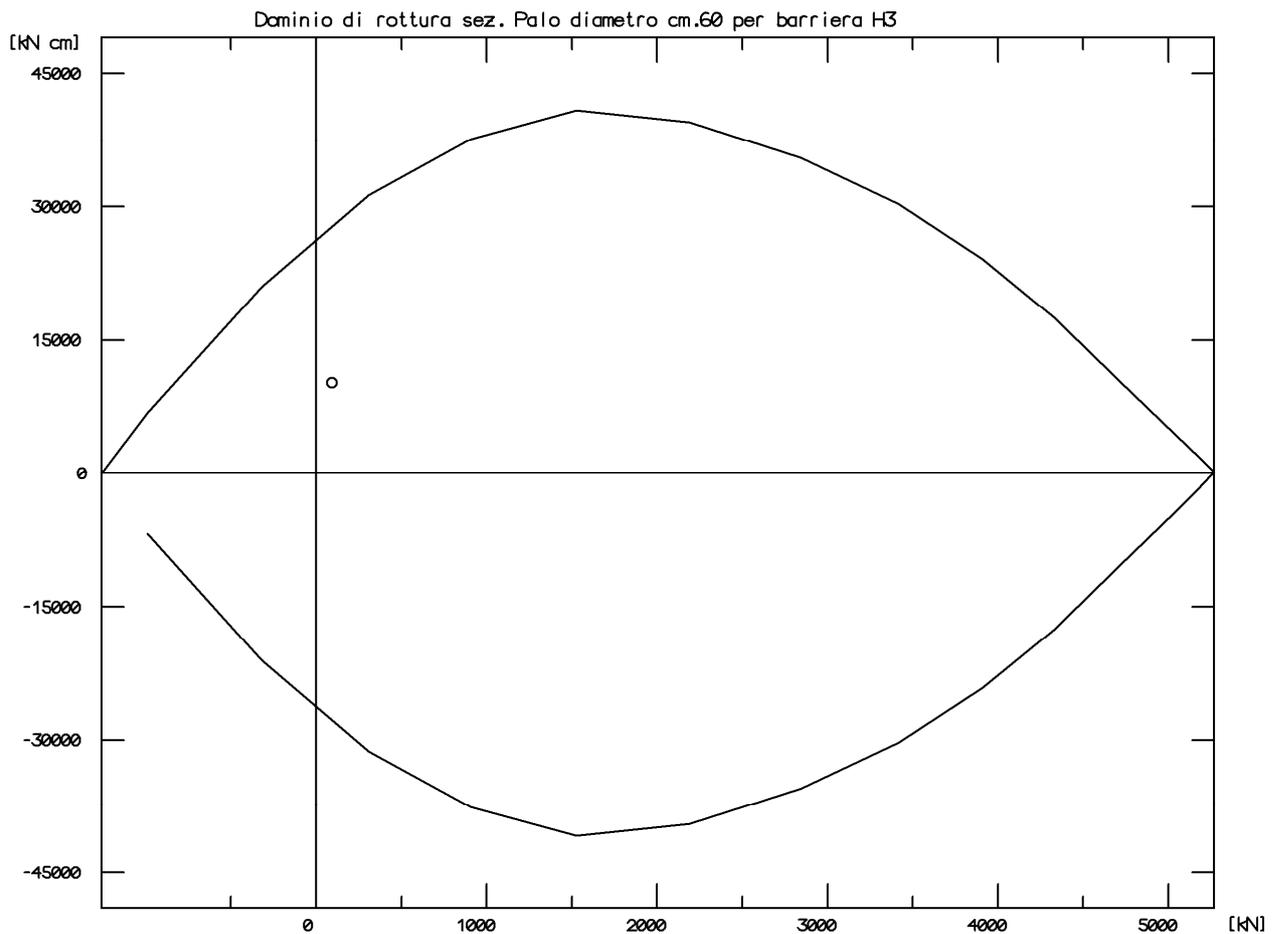
LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 001	C	39 di 120



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 40 di 120

### 10.5.3 Verifica a taglio

Resistenza caratteristica cubica, a 28 giorni:	$R_{ck} =$	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo per S.L.U. di taglio e torsione	$f_{cd} =$	14.11 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.06 N/mm <sup>2</sup>

Diametro palo:	$D =$	60 cm
Larghezza del quadrato equivalente:	$b_w =$	51.21 cm
Copriferro armature:	$c =$	6 cm
Altezza utile della sezione:	$d =$	45.21 cm
Lunghezza del palo:	$L_p =$	700 cm

Verifica di resistenza delle bielle di conglomerato compresso:

Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$		506.98 kN

Sollecitazione di taglio massimo:	$V_{Ed} =$	31.05 kN
-----------------------------------	------------	----------

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{staffe} = \text{Area staffe di progetto} > A_{min}$$

Staffatura minima:	$A_{min} =$	7.68 cm <sup>2</sup> /m
--------------------	-------------	-------------------------

$V_{Ed}$	$A_{sw}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$	$V_{Rwd}$
kN	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m	kN
31.05	0.78	2	10	20	7.85	307.33

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 41 di 120

#### 10.5.4 Verifica a fessurazione

Il procedimento adottato è quello indicato dalla Circolare M.LL.PP. 02/02/2009, art. 4.1.2.2.4.6.

##### *Dati geometrici e meccanici*

Diametro della sezione	D =	60 cm
Diametro della barra:	$\varnothing$ =	1.6 cm
Area della barra equivalente:	$\omega_b$ =	2.01 cm <sup>2</sup>
Ricoprimento armatura:	c =	5 cm
Copriferro medio d'armatura:	$C_f$ =	5.8 cm
Numero totale delle barre	$n_{tot}$ =	16
Distanza tra le barre:	s =	9.5 cm
Resistenza caratteristica del calcestruzzo:	$R_{ck}$ =	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione del calcestruzzo	$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$ =	32.9 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 R_{ck})^{2/3}$ =	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo:	$E_c = 22'000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ =	31447 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio:	$E_s$ =	210000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo:	$\alpha_c$ =	6.6779

##### *Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura: $\varepsilon_{sm}$*

Combinazione frequente:		
Sforzo normale di calcolo:	N =	90.52 kN
Momento flettente di calcolo: (ricavato per analogia all'analisi strutturale agli S.L.U.)		
	$2380.00 \times 9927 / 7142 =$	M = 3308.07 kN·cm
Tensione di lavoro dell'acciaio:	$\sigma_s$ =	37.4 N/mm <sup>2</sup>
Asse neutro, da bordo inferiore	x' =	34.3 cm
Asse neutro, da bordo superiore	x =	25.7 cm
Spessore di calcestruzzo efficace:	$h_{c,ef}$ =	11.4 cm
Angolo al centro del segmento circolare efficace:	$\alpha$ =	103.52992 °
Area di calcestruzzo efficace:	$A_{c,eff}$ =	376 cm <sup>2</sup>
Angolo al centro della corda circolare di armatura entro l'area efficace	$\alpha_1$ =	79.790624 °
Lunghezza della corda circolare di armatura:	l <sub>cc</sub> =	67.40 cm
Area di acciaio nell'area di calcestruzzo efficace:	$A_s$ =	14.26 cm <sup>2</sup>
Rapporto tra acciaio e area di cls efficace	$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff}$ =	0.0379657
Coefficiente di durata dei carichi:	$k_t$ =	0.6
Deformazione unitaria media dell'armatura:	$\varepsilon_{sm} = [(\sigma_s - k_t \cdot f_{ctm}) \cdot (1 + \alpha_c \cdot \rho_{eff}) / \rho_{eff}] / E_s$ =	0.0001069

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

*Calcolo della distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax}$*

Coefficiente di aderenza delle barre:  $k_1 = 0.8$

Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni:  $k_2 = 0.5$

Combinazione frequente:

Distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax} = 3.4 \cdot c + 0.425 \cdot k_1 k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff} = 24.16 \text{ cm}$

*Calcolo della larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k$*

Combinazione frequente:

Larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k = 1.7 \cdot \Delta_{smax} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0439 \text{ mm}$

Valore limite imposto alla larghezza delle fessure:  $w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

Essendo  $w_k$  inferiore a  $w_{max}$ , la verifica è pienamente soddisfatta.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 10.5.5 Calcolo della trave di collegamento

La trave di collegamento tra i pali viene dimensionata nella condizione estrema in cui il montante sia installato in asse tra due pali, sollecitandola a flessione deviata, taglio e torsione.

Le sollecitazioni di calcolo allo S.L.U. vengono desunte dalla *Relazione di calcolo montanti* (elaborato IN4104D26CLRI0000002B), nella combinazione di carico più gravosa.

Reazioni al piede dei montanti allo S.L.U.:

Sforzo normale:	N =	37.17	kN
Sforzo di taglio:	V =	23.63	kN
Momento flettente:	M =	41.34	kNm

#### Verifica a flessione

A vantaggio di sicurezza si considera la trave incastrata ai due pali consecutivi, senza alcun contributo di reazione di sottofondo del terreno, e sottoposta alla flessione deviata dovuta alla reazione orizzontale e verticale trasmessa dal montante, oltre che al peso proprio.

Interasse fra i pali	$i_p =$	3	m
Momenti flettenti sollecitanti la trave	$M_x =$	28.94	kNm
	$M_y =$	8.86	kNm
Sezione della trave	80 x 100	$A_c =$	8000 cm <sup>2</sup>
Area armatura longitudinale minima (D.M.2008, art. 7.2.5):	0.2%		16.0 cm <sup>2</sup>
Armatura effettiva	$A_{f_{inf}} = A_{f_{sup}} =$	6 $\phi$ 20	18.85 cm <sup>2</sup>
	$A_{f_{destra}} = A_{f_{sinistra}} =$	4 $\phi$ 16	

Si allega il tabulato di verifica.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 44 di 120

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - Trave di collegamento per barriera H3

**Dati generali**

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 35.0

**Geometria della sezione**

Vertice	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	100.0
3	80.0	100.0
4	80.0	0.0

**Armature della sezione**

Armatura	Xf [cm]	Yf [cm]	ø [mm]
1	5.0	5.0	20
2	20.0	5.0	20
3	60.0	5.0	20
4	75.0	5.0	20
5	5.0	95.0	20
6	20.0	95.0	20
7	60.0	95.0	20
8	75.0	95.0	20
9	5.0	20.0	16
10	5.0	40.0	16
11	5.0	60.0	16
12	5.0	80.0	16
13	75.0	20.0	16
14	75.0	40.0	16
15	75.0	60.0	16
16	75.0	80.0	16
17	30.0	5.0	20
18	50.0	5.0	20
19	30.0	95.0	20
20	50.0	95.0	20

**Sollecitazioni di progetto**

Combinazione	N [kN]	Mx [kN-cm]	My [kN-cm]
1	0.00	2894.00	886.00

**Verifiche**

Cmb.	λ <sub>min</sub>	N <sub>d</sub> [kN]	N <sub>lim</sub> [kN]	M <sub>xd</sub> [kN-cm]	M <sub>UxPos</sub> [kN-cm]	M <sub>UxNeg</sub> [kN-cm]	M <sub>yd</sub> [kN-cm]	M <sub>UyPos</sub> [kN-cm]	M <sub>UyNeg</sub> [kN-cm]	ε <sub>c</sub> [%]	ε <sub>c_t</sub> [%]	ε <sub>f</sub> [%]	ε <sub>f_C</sub> [%]	η <sub>ver</sub>
1	99999	0.00	12297.28	2894	0	0	886	0	0	-0.004	0.006	0.008	-0.003	99.07

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 45 di 120

*Verifica a fessurazione*

Ai sensi dell'art.C4.1.2.2.4.6 della Circolare 617/2009, si omette il calcolo diretto in quanto lo stato tensionale delle barre di armatura, anche per sollecitazioni allo S.L.U., è molto al di sotto dei limiti richiesti dalle tabelle C.4.1.II e C.4.1.III e i limiti di diametro delle barre e di spaziatura massima sono ampiamente soddisfatti.

<p>Armature: 12<math>\phi</math>20 + 8<math>\phi</math>16</p>	<p>Sollecitazioni:</p> <p>N = .001 kN  M<sub>x</sub> = 2894 kN·cm  M<sub>y</sub> = 886 kN·cm</p> <p>Stabilità:</p> <p>L<sub>i</sub> = 0 cm  <math>\lambda_x</math> = 0  <math>\lambda_y</math> = 0  Omega = 1  C<sub>x</sub> = 1  C<sub>y</sub> = 1</p> <p>Asse neutro:</p> <p>X<sub>1</sub> = 0 cm  Y<sub>1</sub> = 61 cm  X<sub>2</sub> = 80 cm  Y<sub>2</sub> = 95.5 cm</p> <p>Caratteristiche:</p> <p>J<sub>x</sub> = 2157041 cm<sup>4</sup>  J<sub>y</sub> = 1413285 cm<sup>4</sup>  A<sub>i</sub> = 2543 cm<sup>2</sup></p> <p>Tensioni:</p> <p><math>\sigma_c</math> = .516 N/mm<sup>2</sup>  <math>\sigma_f</math> = 17.5 N/mm<sup>2</sup>  <math>\sigma_{fc}</math> = -6.4 N/mm<sup>2</sup></p>
<p>file: D:\ArchDAT\Alpin\Brescia Italferr_Barriere antirumore\Fondazioni\ProsezWin\Trave80x100-H3_SLE.cao</p>	
<p>SEZIONE: Trave di collegamento per barriera H3  Comb.n. 1:</p>	

**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 46 di 120

*Verifica a Taglio e Torsione*

La sollecitazione di taglio è data dal peso proprio della trave e dalla reazione verticale del montante, mentre l'azione torcente è fornita dal momento flettente alla base del montante e dal taglio orizzontale moltiplicato per la semi-altezza della trave.

Taglio di calcolo	$V_{Ed} =$	48.59 kN
Momento torcente di calcolo	$T_{Ed} =$	26.58 kN·m
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	15.87 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.93 N/mm <sup>2</sup>
Larghezza dell'anima:	$b_w =$	80 cm
Altezza della sezione	$h =$	100 cm
Copri ferro armatura	$c =$	6
Altezza utile della sezione:	$d =$	94 cm
Lunghezza del perimetro della sezione resistente a torsione:	$u =$	360 cm
Area della sezione resistente a torsione:	$A_c =$	8000 cm <sup>2</sup>
Spessore sezione anulare a torsione:	$t =$	22.22 cm
Area della sezione anulare equivalente:	$A =$	4493.83 cm <sup>2</sup>
Lunghezza del perimetro medio della sezione anulare equivalente:	$u_m =$	271.11 cm
Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50
Resistenza a taglio delle bielle di cls:	$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	1851.48 kN
Resistenza a torsione delle bielle di cls:	$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	546.38 kN·m
Verifica combinata Taglio+Torsione:	$V_{Ed} / V_{Rcd} + T_{Ed} / T_{Rcd} =$	0.07 < 1

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{str} = \text{Area staffe a torsione} = T_{Ed} / (2 \cdot A \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$A_{min}$  = Area staffe compressive, superiori a quelle minime di regolamento

$A_{staffe}$  = Area staffe di progetto >  $A_{min}$

Staffatura minima di regolamento:

12 cm<sup>2</sup>/m

$V_{Ed}$	$T_{Ed}$	$A_{sw}$	$A_{str}$	$A_{min}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$
kN	kN·cm	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m
48.59	2657.75	0.59	0.30	0.89	4	12	20	22.62

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 11 BARRIERE H4

### 11.1 Dati di carico

#### SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE ESTRADOSSO PALI

H <sub>mont</sub>	H <sub>tot</sub>	N	V	M
[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
4.5	5.6	92.41	25.20	70.56

Sollecitazioni S.L.U.:

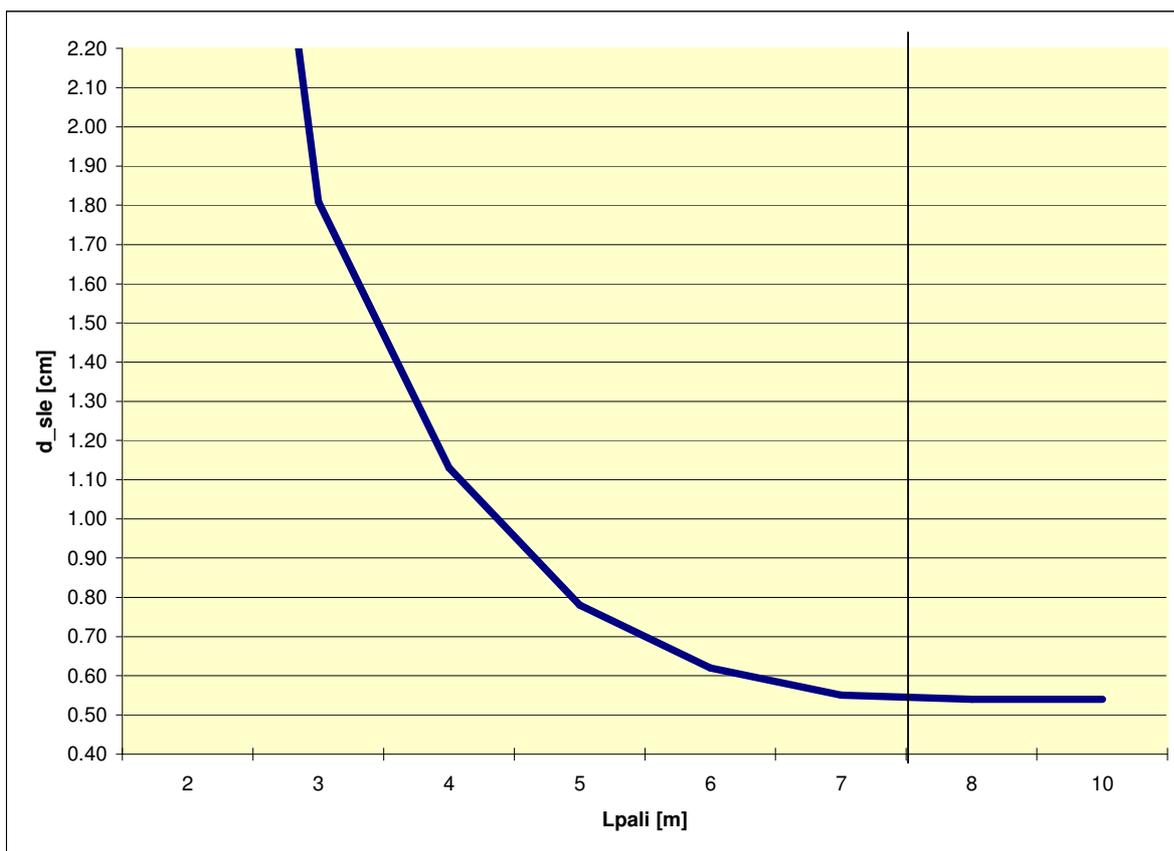
	N	V	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
<b>C1</b>	120.13	37.80	105.84
<b>C2</b>	92.41	37.80	105.84
<b>C3</b>	92.41	32.76	91.73

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 48 di 120

## 11.2 Calcolo profondità di infissione

Si riportano sinteticamente i risultati dell'analisi F.E.M. per varie lunghezze di palo, in termini di spostamento in testa alla fondazione (grado di libertà n.1), sottoposto ai carichi caratteristici, assumendo come lunghezza di progetto quella per cui lo spostamento abbia uno scarto rispetto al minimo spostamento (palo di massima lunghezza) prossimo al 10%.

Lpali [m]	2	3	4	5	6	7	8	10
d_testa [cm]	4.40	1.81	1.13	0.78	0.62	0.55	0.54	0.54
scarto %	714.81	235.19	109.26	44.44	14.81	1.85	0.00	0.00



Lunghezza di progetto del palo  
 Spostamento in testa alla fondazione

Lp = 7.00 m  
 d\_fs = 0.55 cm

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 49 di 120

### 11.3 Portanza a carichi orizzontali

Data la presenza della scarpata, si considera inefficace il primo metro di terreno a valle.

Si effettua la verifica per la combinazione C3 che risulta la più penalizzante.

Angolo di attrito interno	$\phi'$ =	26 °
Peso specifico efficace	$\gamma'$ =	19.00 kN/mc
Coefficiente di spinta passiva	$K_p$ =	2.56
Rotazione in testa: 0: libera, 1:impedita		0
Quota di applicazione del carico da testa palo	$e_1$ =	2.43 m
Spessore di terreno superficiale non collaborante	$e_2$ =	1.00 m
Eccentricità effettiva del carico in testa	$e = e_1 + e_2$ =	3.43 m
Lunghezza efficace del palo	$L$ =	6.00 m
Diametro del palo	$d$ =	0.6 m
Rapporto L/d	$L/d$ =	10
Rapporto e/d	$e/d$ =	5.7112
Armatura		16 $\phi$ 20
Momento di plasticizzazione	$M_y$ =	465.75 kN·m
Rapporto di capacità portante orizzontale:	$H_{lim} / (K_p \gamma' d^3) =$	9.92 (palo lungo)
Carico limite orizzontale:	$H_{lim} =$	104.27 kN
Fattore di correlazione	$\xi_4 =$	1.21
Fattore riduttivo della resistenza:	$\gamma_T =$	1.6
Carico resistente orizzontale:	$H_R = H_{lim} / (\xi_4 \cdot \gamma_T) =$	53.86 kN
Coefficiente di sicurezza:	$H_R / V =$	1.64 > 1

La verifica è pertanto soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 50 di 120

#### 11.4 Portanza a carichi verticali

Quota testa pali rispetto al piano di campagna	0 m		
Coefficiente di sicurezza di $\tan\phi'$ per SLU	M1 : $\gamma_M = 1$		
Coefficiente di riduzione della resistenza	base	R1	R2
	laterale	$\gamma_b = 1$	1.7
		$\gamma_s = 1$	1.45
Fattore di correlazione	$\xi_4 = 1.21$		

Strato	z max [m]	spessore [m]	$\phi'$ [°]	$\phi'_{SLU}$ [°]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{v\text{ medio}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	K	tens.media palo [t/mq]
1	2	2	30	30	19	38	19	0.50	1.9
2	6	4	26	26	19	114	76	0.56	7.6
3	10	4	30	30	19	190	152	0.50	12.35
4	50	40	28	28	9	550	370	0.53	19

Lunghezza palo	7.00 m
Diametro palo	0.6 m
Rapporto L/D	11.67
Palo iniettato a pressione (1: sì, 0: no)	0
Inclinazione palo rispetto alla verticale	0 °
Profondità punta palo	7.00 m
Angolo di attrito terreno alla punta	27.00 °
Coefficiente di capacità portante $N_q$	21.19
Coefficiente di riduzione $\alpha_q$	0.60
Pressione verticale alla punta	133 kN/m <sup>2</sup>
Portata alla punta	Qpunta = 475.49 kN
Portata laterale	Qlater = 244.84 kN
Peso efficace del del palo	P'palo = 11.88 kN

Coefficiente di efficienza di gruppo  $E_g = 1$

Sforzo normale aggiuntivo per peso trave (S.L.U.) 78.00 kN

	Combinazione:	C1	C2	C3
Portanza resistente	Rp [kN] =	579.88	579.88	355.27
Azione verticale	N [kN] =	198.13	170.41	170.41
Coefficiente di sicurezza		2.93	3.40	2.08

Poiché il coefficiente di sicurezza è sempre >1, la verifica è soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 11.5 Verifica strutturale

### 11.5.1 Analisi delle sollecitazioni S.L.U.

Si analizza la combinazione C2 che risulta più gravosa per le verifiche strutturali.

#### Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=4**

##### Dati generali

Modulo elastico: 314470 kg/cm<sup>2</sup>  
 Larghezza base travi Winkler: 60 cm

##### Coordinate e gradi di liberta' dei nodi

Nodo	X [cm]	Y [cm]	u	v	$\phi$
1	0.0	0.0	0	1	2
2	50.0	0.0	0	3	4
3	100.0	0.0	0	5	6
4	150.0	0.0	0	7	8
5	200.0	0.0	0	9	10
6	250.0	0.0	0	11	12
7	300.0	0.0	0	13	14
8	350.0	0.0	0	15	16
9	400.0	0.0	0	17	18
10	450.0	0.0	0	19	20
11	500.0	0.0	0	21	22
12	550.0	0.0	0	23	24
13	600.0	0.0	0	25	26
14	650.0	0.0	0	27	28
15	700.0	0.0	0	29	30

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 52 di 120

### Caratteristiche geometriche delle aste

Asta	tipo	A[cm <sup>2</sup> ]	J[cm <sup>4</sup> ]	Kw[kg/cm <sup>3</sup> ]	Nodo1	Nodo2	Inclin.[°]	Lungh.[cm]
1	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	1	2	0.00	50.0
2	fondaz.	2827.0	636173.0	0.6	2	3	0.00	50.0
3	fondaz.	2827.0	636173.0	0.7	3	4	0.00	50.0
4	fondaz.	2827.0	636173.0	0.8	4	5	0.00	50.0
5	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	5	6	0.00	50.0
6	fondaz.	2827.0	636173.0	2.8	6	7	0.00	50.0
7	fondaz.	2827.0	636173.0	3.2	7	8	0.00	50.0
8	fondaz.	2827.0	636173.0	3.7	8	9	0.00	50.0
9	fondaz.	2827.0	636173.0	4.1	9	10	0.00	50.0
10	fondaz.	2827.0	636173.0	4.6	10	11	0.00	50.0
11	fondaz.	2827.0	636173.0	5.0	11	12	0.00	50.0
12	fondaz.	2827.0	636173.0	5.5	12	13	0.00	50.0
13	fondaz.	2827.0	636173.0	9.2	13	14	0.00	50.0
14	fondaz.	2827.0	636173.0	10.0	14	15	0.00	50.0

### Carichi applicati

Combinazione di carico n. 1:

Nodo	Fh[kg]	Fv[kg]	M[kg·cm]
1	0	3780	-1058400

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 53 di 120

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=4**

---

**Spostamenti nodali [cm],[rad]**

*Combinazione di carico n. 1:*

d ( 1 ) =	0.8295
d ( 2 ) =	-0.0032
d ( 3 ) =	0.6740
d ( 4 ) =	-0.0030
d ( 5 ) =	0.5337
d ( 6 ) =	-0.0026
d ( 7 ) =	0.4098
d ( 8 ) =	-0.0023
d ( 9 ) =	0.3029
d ( 10 ) =	-0.0020
d ( 11 ) =	0.2129
d ( 12 ) =	-0.0016
d ( 13 ) =	0.1396
d ( 14 ) =	-0.0013
d ( 15 ) =	0.0820
d ( 16 ) =	-0.0010
d ( 17 ) =	0.0384
d ( 18 ) =	-0.0007
d ( 19 ) =	0.0065
d ( 20 ) =	-0.0005
d ( 21 ) =	-0.0161
d ( 22 ) =	-0.0004
d ( 23 ) =	-0.0321
d ( 24 ) =	-0.0003
d ( 25 ) =	-0.0439
d ( 26 ) =	-0.0002
d ( 27 ) =	-0.0535
d ( 28 ) =	-0.0002
d ( 29 ) =	-0.0625
d ( 30 ) =	-0.0002

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### Sollecitazioni nelle aste

Convenzione sui segni delle sollecitazioni:

Momenti flettenti: positivi se tendono le fibre inferiori di aste orizzontali, o se tendono le fibre sinistre di aste verticali

Sforzi normali : positivi se di compressione

#### Combinazione di carico n. 1:

Asta	N1 [kg]	T1 [kg]	M1 [kg·cm]	N2 [kg]	T2 [kg]	M2 [kg·cm]	z [cm]	Mz [kg·cm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0	-3780	-1058382	0	-2564	-1216154	48.0	-1212910	0.45
2	0	-2564	-1216097	0	-1443	-1315259	48.0	-1313422	0.42
3	0	-1444	-1315229	0	-470	-1361792	48.0	-1361183	0.37
4	0	-469	-1361776	0	351	-1363498	26.0	-1367761	0.32
5	0	351	-1363508	0	735	-1335814	0.0	-1363056	0.15
6	0	735	-1335813	0	2184	-1260262	0.0	-1334838	0.59
7	0	2184	-1260263	0	3239	-1122314	0.0	-1257490	0.45
8	0	3239	-1122328	0	3888	-942147	0.0	-1118251	0.30
9	0	3888	-942147	0	4154	-739438	0.0	-937272	0.16
10	0	4154	-739437	0	4079	-532291	48.0	-537397	0.03
11	0	4079	-532291	0	3710	-336533	48.0	-341186	
12	0	3710	-336532	0	3084	-165872	48.0	-169749	
13	0	3084	-165870	0	1730	-44391	48.0	-46601	
14	0	1730	-44389	0	0	0	48.0	-57	

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 55 di 120

### 11.5.2 Verifica a pressoflessione

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Palo diametro cm.60 per barriera H4**

#### Dati generali

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 30.0

#### Geometria della sezione

Diametro della sezione [cm]: 60.0

#### Armature della sezione

Copriferro delle armature [cm]: 7.0  
 Armatura complessiva : 16 ø 20

#### Sollecitazioni di progetto

Combinazione	N [kN]	Mx [kN·cm]	My [kN·cm]
1 C2	92.41	13677.00	0.00

#### Verifiche

Comb.	$\lambda_{min}$	Nd [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Nlim [kN]	$\mu_N$	Mxd [kN·cm]	Mmin [kN·cm]	Mmax [kN·cm]	$\mu_{Mx}$
1	419	92.41	-1352.37	5217.16	5230.72	56.46	13954.23	-39585.54	39585.54	2.84

**S.T.E. srl**  
**Italiana Sistemi srl**

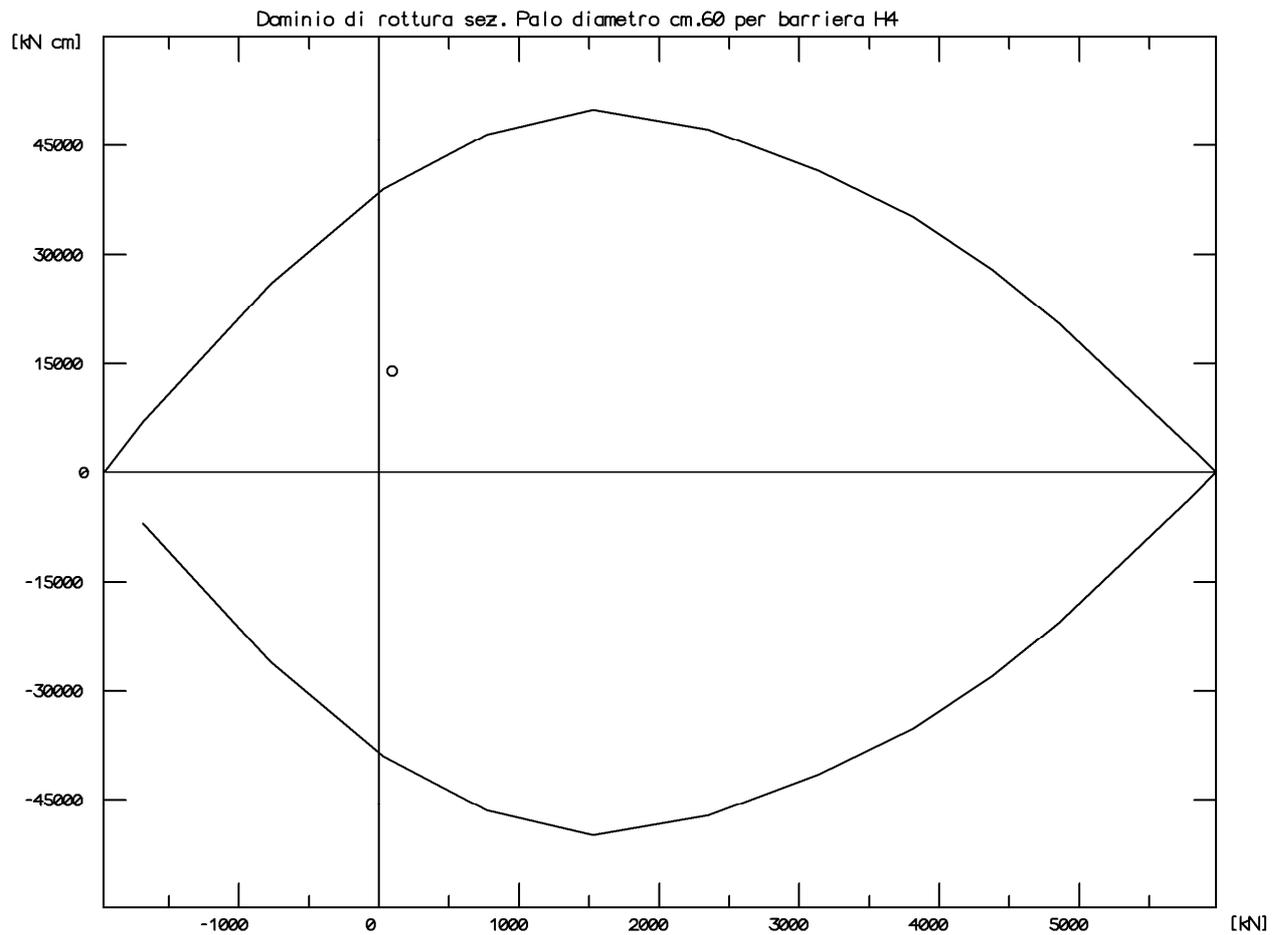
LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 001	C	56 di 120



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 57 di 120

### 11.5.3 Verifica a taglio

Resistenza caratteristica cubica, a 28 giorni:	$R_{ck} =$	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo per S.L.U. di taglio e torsione	$f_{cd} =$	14.11 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.06 N/mm <sup>2</sup>

Diametro palo:	$D =$	60 cm
Larghezza del quadrato equivalente:	$b_w =$	51.21 cm
Copriferro armature:	$c =$	5 cm
Altezza utile della sezione:	$d =$	46.21 cm
Lunghezza del palo:	$L_p =$	700 cm

Verifica di resistenza delle bielle di conglomerato compresso:

$$\text{Inclinazione del puntone compresso} \quad \cotg \theta = 2.50$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) = 518.19 \text{ kN}$$

$$\text{Sollecitazione di taglio massimo:} \quad V_{Ed} = 41.54 \text{ kN}$$

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{staffe} = \text{Area staffe di progetto} > A_{min}$$

$$\text{Staffatura minima:} \quad A_{min} = 7.68 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$V_{Ed}$	$A_{sw}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$	$V_{Rwd}$
kN	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m	kN
41.54	1.02	2	10	20	7.85	307.33

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 58 di 120

#### 11.5.4 Verifica a fessurazione

Il procedimento adottato è quello indicato dalla Circolare M.LL.PP. 02/02/2009, art. 4.1.2.2.4.6.

##### *Dati geometrici e meccanici*

Diametro della sezione	D =	60 cm
Diametro della barra:	$\emptyset$ =	2 cm
Area della barra equivalente:	$\omega_b$ =	3.14 cm <sup>2</sup>
Ricoprimento armatura:	c =	5 cm
Copri ferro medio d'armatura:	$c_f$ =	6 cm
Numero totale delle barre	$n_{tot}$ =	16
Distanza tra le barre:	s =	9.4 cm
Resistenza caratteristica del calcestruzzo:	$R_{ck}$ =	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione del calcestruzzo	$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$ =	32.9 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 R_{ck})^{2/3}$ =	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo:	$E_c = 22'000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ =	31447 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio:	$E_s$ =	210000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo:	$\alpha_c$ =	6.6779

##### *Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura: $\epsilon_{sm}$*

##### Combinazione frequente:

Sforzo normale di calcolo:	N =	92.41 kN
Momento flettente di calcolo: (ricavato per analogia all'analisi strutturale agli S.L.U.)		
	$3527.00 \times 13677 / 10584 =$	M = 4557.71 kN·cm
Tensione di lavoro dell'acciaio:	$\sigma_s$ =	43.1 N/mm <sup>2</sup>
Asse neutro, da bordo inferiore	$x'$ =	34.4 cm
Asse neutro, da bordo superiore	x =	25.6 cm
Spessore di calcestruzzo efficace:	$h_{c,eff}$ =	11.5 cm
Angolo al centro del segmento circolare efficace:	$\alpha$ =	103.69193 °
Area di calcestruzzo efficace:	$A_{c,eff}$ =	377 cm <sup>2</sup>
Angolo al centro della corda circolare di armatura entro l'area efficace	$\alpha_1$ =	78.892272 °
Lunghezza della corda circolare di armatura:	l <sub>cc</sub> =	66.09 cm
Area di acciaio nell'area di calcestruzzo efficace:	$A_s$ =	22.03 cm <sup>2</sup>
Rapporto tra acciaio e area di cls efficace	$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff}$ =	0.0584091
Coefficiente di durata dei carichi:	$k_t$ =	0.6
Deformazione unitaria media dell'armatura:	$\epsilon_{sm} = [(\sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ctm} \cdot (1 + \alpha_c \cdot \rho_{eff})) / \rho_{eff}] / E_s$ =	0.0001231

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

*Calcolo della distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax}$*

Coefficiente di aderenza delle barre:  $k_1 = 0.8$

Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni:  $k_2 = 0.5$

Combinazione frequente:

Distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax} = 3.4 \cdot c + 0.425 \cdot k_1 k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff} = 22.82 \text{ cm}$

*Calcolo della larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k$*

Combinazione frequente:

Larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k = 1.7 \cdot \Delta_{smax} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0478 \text{ mm}$

Valore limite imposto alla larghezza delle fessure:  $w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

Essendo  $w_k$  inferiore a  $w_{max}$ , la verifica è pienamente soddisfatta.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 60 di 120

### 11.5.5 Calcolo della trave di collegamento

La trave di collegamento tra i pali viene dimensionata nella condizione estrema in cui il montante sia installato in asse tra due pali, sollecitandola a flessione deviata, taglio e torsione.

Le sollecitazioni di calcolo allo S.L.U. vengono desunte dalla *Relazione di calcolo montanti* (elaborato IN4104D26CLRI0000002B), nella combinazione di carico più gravosa.

Reazioni al piede dei montanti allo S.L.U.:

Sforzo normale:	N =	40.01	kN
Sforzo di taglio:	V =	30.38	kN
Momento flettente:	M =	68.34	kNm

#### Verifica a flessione

A vantaggio di sicurezza si considera la trave incastrata ai due pali consecutivi, senza alcun contributo di reazione di sottofondo del terreno, e sottoposta alla flessione deviata dovuta alla reazione orizzontale e verticale trasmessa dal montante, oltre che al peso proprio.

Interasse fra i pali	$i_p =$	3 m
Momenti flettenti sollecitanti la trave	$M_x =$	30.00 kNm
	$M_y =$	11.39 kNm
Sezione della trave	80 x 100	$A_c =$ 8000 cm <sup>2</sup>
Area armatura longitudinale minima (D.M.2008, art. 7.2.5): 0.2%		16.0 cm <sup>2</sup>
Armatura effettiva	$A_{f_{inf}} = A_{f_{sup}} =$	6 $\phi$ 20
	$A_{f_{destra}} = A_{f_{sinistra}} =$	4 $\phi$ 16
		18.85 cm <sup>2</sup>

Si allega il tabulato di verifica.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 61 di 120

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Trave di collegamento per barriera H4**

**Dati generali**

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 35.0

**Geometria della sezione**

Vertice	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	100.0
3	80.0	100.0
4	80.0	0.0

**Armature della sezione**

Armatura	Xf [cm]	Yf [cm]	ø [mm]
1	5.0	5.0	20
2	20.0	5.0	20
3	60.0	5.0	20
4	75.0	5.0	20
5	5.0	95.0	20
6	20.0	95.0	20
7	60.0	95.0	20
8	75.0	95.0	20
9	5.0	20.0	16
10	5.0	40.0	16
11	5.0	60.0	16
12	5.0	80.0	16
13	75.0	20.0	16
14	75.0	40.0	16
15	75.0	60.0	16
16	75.0	80.0	16
17	30.0	5.0	20
18	50.0	5.0	20
19	30.0	95.0	20
20	50.0	95.0	20

**Sollecitazioni di progetto**

Combinazione	N [kN]	Mx [kN-cm]	My [kN-cm]
1	0.00	3000.00	1139.00

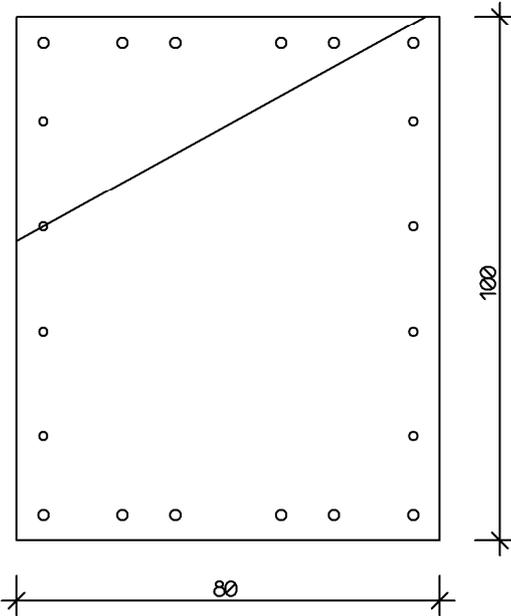
**Verifiche**

Cmb.	λ <sub>min</sub>	Nd [kN]	Nlim [kN]	Mxd [kN-cm]	MUxPos [kN-cm]	MUxNeg [kN-cm]	Myd [kN-cm]	MUyPos [kN-cm]	MUyNeg [kN-cm]	εC [%]	εC_t [%]	εf [%]	εf_C [%]	η <sub>ver</sub>
1	99999	0.00	12297.28	3000	0	0	1139	0	0	-0.004	0.006	0.009	-0.003	87.18

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

*Verifica a fessurazione*

Ai sensi dell'art.C4.1.2.2.4.6 della Circolare 617/2009, si omette il calcolo diretto in quanto lo stato tensionale delle barre di armatura, anche per sollecitazioni allo S.L.U., è molto al di sotto dei limiti richiesti dalle tabelle C.4.1.II e C.4.1.III e i limiti di diametro delle barre e di spaziatura massima sono ampiamente soddisfatti.

<p>Armature: 12<math>\phi</math>20 + 8<math>\phi</math>16</p> 	<p>Sollecitazioni:  <math>N = .001 \text{ kN}</math>  <math>M_x = 3000 \text{ kN}\cdot\text{cm}</math>  <math>M_y = 1139 \text{ kN}\cdot\text{cm}</math></p> <p>Stabilità:  <math>L_i = 0 \text{ cm}</math>  <math>\lambda_x = 0</math>  <math>\lambda_y = 0</math>  <math>\Omega_{\text{Omega}} = 1</math>  <math>C_x = 1</math>  <math>C_y = 1</math></p> <p>Asse neutro:  <math>X_1 = 0 \text{ cm}</math>  <math>Y_1 = 57.1 \text{ cm}</math>  <math>X_2 = 77.3 \text{ cm}</math>  <math>Y_2 = 100 \text{ cm}</math></p> <p>Caratteristiche:  <math>J_x = 2115095 \text{ cm}^4</math>  <math>J_y = 1280992 \text{ cm}^4</math>  <math>A_i = 2463 \text{ cm}^2</math></p> <p>Tensioni:  <math>\sigma_c = -585 \text{ N/mm}^2</math>  <math>\sigma_f = 19.2 \text{ N/mm}^2</math>  <math>\sigma_{fc} = -7.2 \text{ N/mm}^2</math></p>
<p>file: D:\ArchDAT\Alpin\Brescia Italferr_Barriere antirumore\Fondazioni\ProsezWin\Trave80x100-H4_SLE.cao</p>	
<p>SEZIONE: Trave di collegamento per barriera H4          Comb.n. 1:</p>	

**Tabella C4.1.II** *Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25

**Tabella C4.1.III** *Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4 \text{ mm}$	$w_2 = 0,3 \text{ mm}$	$w_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	300	300	200

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 63 di 120

### Verifica a Taglio e Torsione

La sollecitazione di taglio è data dal peso proprio della trave e dalla reazione verticale del montante, mentre l'azione torcente è fornita dal momento flettente alla base del montante e dal taglio orizzontale moltiplicato per la semi-altezza della trave.

Taglio di calcolo	$V_{Ed} =$	50.01 kN
Momento torcente di calcolo	$T_{Ed} =$	41.77 kN·m
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	15.87 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.93 N/mm <sup>2</sup>
Larghezza dell'anima:	$b_w =$	80 cm
Altezza della sezione	$h =$	100 cm
Copri ferro armatura	$c =$	6
Altezza utile della sezione:	$d =$	94 cm
Lunghezza del perimetro della sezione resistente a torsione:	$u =$	360 cm
Area della sezione resistente a torsione:	$A_c =$	8000 cm <sup>2</sup>
Spessore sezione anulare a torsione:	$t =$	22.22 cm
Area della sezione anulare equivalente:	$A =$	4493.83 cm <sup>2</sup>
Lunghezza del perimetro medio della sezione anulare equivalente:	$u_m =$	271.11 cm
Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50
Resistenza a taglio delle bielle di cls:	$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	1851.48 kN
Resistenza a torsione delle bielle di cls:	$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	546.38 kN·m
Verifica combinata Taglio+Torsione:	$V_{Ed} / V_{Rcd} + T_{Ed} / T_{Rcd} =$	0.10 < 1

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{str} = \text{Area staffe a torsione} = T_{Ed} / (2 \cdot A \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$A_{min}$  = Area staffe complessive, superiori a quelle minime di regolamento

$A_{staffe}$  = Area staffe di progetto >  $A_{min}$

Staffatura minima di regolamento: 12 cm<sup>2</sup>/m

$V_{Ed}$	$T_{Ed}$	$A_{sw}$	$A_{str}$	$A_{min}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$
kN	kN·cm	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m
50.01	4176.50	0.60	0.48	1.08	4	12	20	22.62

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 12 BARRIERE H5

### 12.1 Dati di carico

#### SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE ESTRADOSSO PALI

H_mont	H_tot	N	V	M
[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
5.5	6.6	94.37	29.70	98.01

Sollecitazioni S.L.U.:

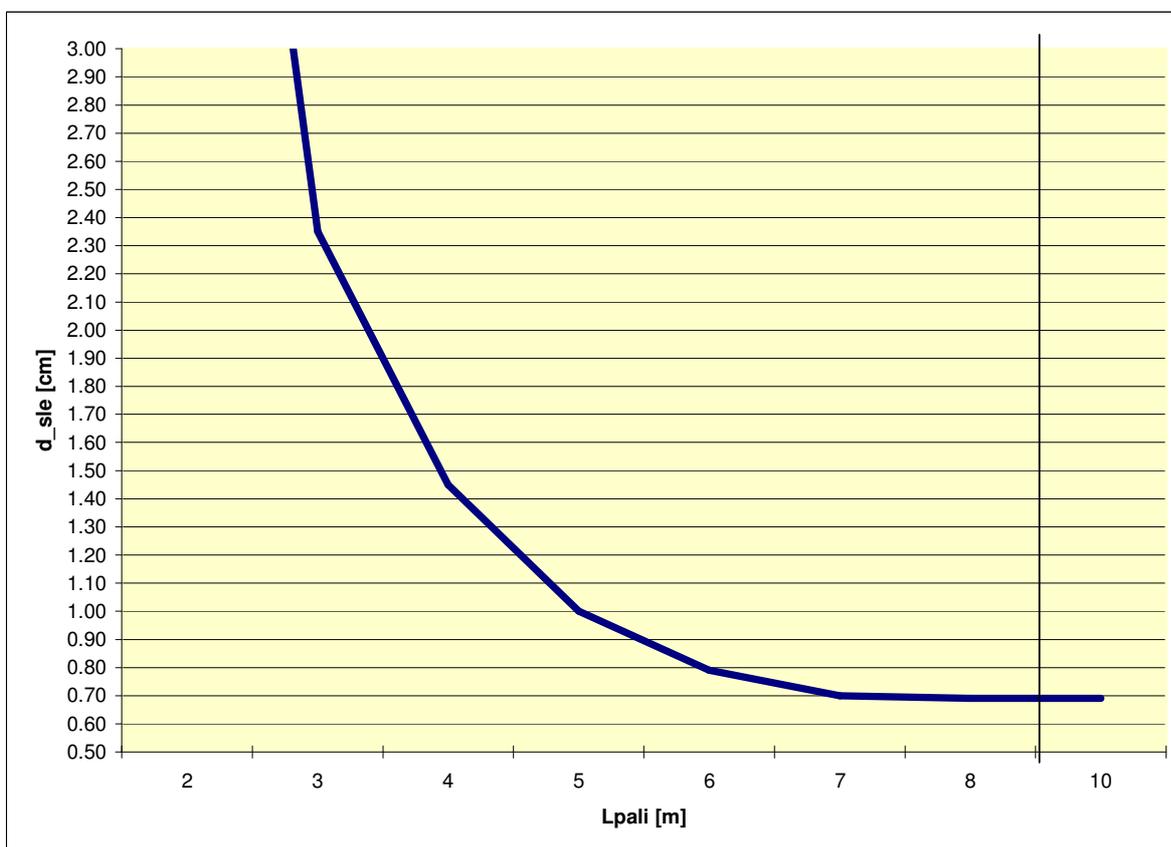
	N	V	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
<b>C1</b>	122.68	44.55	147.02
<b>C2</b>	94.37	44.55	147.02
<b>C3</b>	94.37	38.61	127.41

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 12.2 Calcolo profondità di infissione

Si riportano sinteticamente i risultati dell'analisi F.E.M. per varie lunghezze di palo, in termini di spostamento in testa alla fondazione (grado di libertà n.1), sottoposto ai carichi caratteristici, assumendo come lunghezza di progetto quella per cui lo spostamento abbia uno scarto rispetto al minimo spostamento (palo di massima lunghezza) prossimo al 10%.

Lpali [m]	2	3	4	5	6	7	8	10
d_testa [cm]	5.81	2.35	1.45	1.00	0.79	0.70	0.69	0.69
scarto %	742.03	240.58	110.14	44.93	14.49	1.45	0.00	0.00



Lunghezza di progetto del palo  
 Spostamento in testa alla fondazione

Lp = 8.00 m  
 d\_fs = 0.69 cm

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 66 di 120

### 12.3 Portanza a carichi orizzontali

Data la presenza della scarpata, si considera inefficace il primo metro di terreno a valle.

Si effettua la verifica per la combinazione C3 che risulta la più penalizzante.

Angolo di attrito interno	$\phi' =$	26 °
Peso specifico efficace	$\gamma' =$	19.00 kN/mc
Coefficiente di spinta passiva	$K_p =$	2.56
Rotazione in testa: 0: libera, 1:impedita		0
Quota di applicazione del carico da testa palo	$e_1 =$	3.30
Spessore di terreno superficiale non collaborante	$e_2 =$	1.00
Eccentricità effettiva del carico in testa	$e = e_1 + e_2 =$	4.30 m
Lunghezza efficace del palo	$L =$	7.00 m
Diametro del palo	$d =$	0.6 m
Rapporto L/d	$L/d =$	11.6667
Rapporto e/d	$e/d =$	7.16685
Armatura		22 $\phi$ 20
Momento di plasticizzazione	$M_y =$	600.3 kN·m
Rapporto di capacità portante orizzontale:	$H_{lim} / (K_p \gamma' d^3) =$	10.64 (palo lungo)
Carico limite orizzontale:	$H_{lim} =$	111.83 kN
Fattore di correlazione	$\xi_4 =$	1.21
Fattore riduttivo della resistenza:	$\gamma_T =$	1.6
Carico resistente orizzontale:	$H_R = H_{lim} / (\xi_4 \cdot \gamma_T) =$	57.77 kN
Coefficiente di sicurezza:	$H_R / V =$	1.50 > 1

La verifica è pertanto soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 12.4 Portanza a carichi verticali

Quota testa pali rispetto al piano di campagna	0 m		
Coefficiente di sicurezza di $\tan\phi'$ per SLU	M1 : $\gamma_M = 1$		
Coefficiente di riduzione della resistenza	base	R1	R2
	laterale	$\gamma_b = 1$	1.7
		$\gamma_s = 1$	1.45
Fattore di correlazione	$\xi_4 = 1.21$		

Strato	z max [m]	spessore [m]	$\phi'$ [°]	$\phi'_{SLU}$ [°]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{v\text{ medio}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	K	tens.media palo [t/mq]
1	2	2	30	30	19	38	19	0.50	1.9
2	6	4	26	26	19	114	76	0.56	7.6
3	10	4	30	30	19	190	152	0.50	13.3
4	50	40	28	28	9	550	370	0.53	19

Lunghezza palo	8.00 m
Diametro palo	0.6 m
Rapporto L/D	13.33
Palo iniettato a pressione (1: sì, 0: no)	0
Inclinazione palo rispetto alla verticale	0 °
Profondità punta palo	8.00 m

Angolo di attrito terreno alla punta	27.00 °
Coefficiente di capacità portante $N_q$	21.19
Coefficiente di riduzione $\alpha_q$	0.59
Pressione verticale alla punta	152 kN/m <sup>2</sup>
Portata alla punta	Qpunta = 535.07 kN
Portata laterale	Qlater = 322.38 kN
Peso efficace del del palo	P'palo = 13.57 kN

Coefficiente di efficienza di gruppo	Eg = 1
--------------------------------------	--------

	Combinazione:	C1	C2	C3
Portanza resistente	Rp [kN] =	691.00	691.00	426.23
Azione verticale	N [kN] =	122.68	94.37	94.37
Coefficiente di sicurezza		5.63	7.32	4.52

Poiché il coefficiente di sicurezza è sempre >1, la verifica è soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 68 di 120

## 12.5 Verifica strutturale S.L.U.

### 12.5.1 Analisi delle sollecitazioni

Si analizza la combinazione C2 che risulta più gravosa per le verifiche strutturali.

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=5**

#### Dati generali

Modulo elastico: 314470 kg/cm<sup>2</sup>  
 Larghezza base travi Winkler: 60 cm

#### Coordinate e gradi di liberta' dei nodi

Nodo	X [cm]	Y [cm]	u	v	φ
1	0.0	0.0	0	1	2
2	50.0	0.0	0	3	4
3	100.0	0.0	0	5	6
4	150.0	0.0	0	7	8
5	200.0	0.0	0	9	10
6	250.0	0.0	0	11	12
7	300.0	0.0	0	13	14
8	350.0	0.0	0	15	16
9	400.0	0.0	0	17	18
10	450.0	0.0	0	19	20
11	500.0	0.0	0	21	22
12	550.0	0.0	0	23	24
13	600.0	0.0	0	25	26
14	650.0	0.0	0	27	28
15	700.0	0.0	0	29	30
16	750.0	0.0	0	31	32
17	800.0	0.0	0	33	34

#### Caratteristiche geometriche delle aste

Asta	tipo	A[cm <sup>2</sup> ]	J[cm <sup>4</sup> ]	Kw[kg/cm <sup>3</sup> ]	Nodo1	Nodo2	Inclin.[°]	Lungh.[cm]
1	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	1	2	0.00	50.0
2	fondaz.	2827.0	636173.0	0.6	2	3	0.00	50.0
3	fondaz.	2827.0	636173.0	0.7	3	4	0.00	50.0
4	fondaz.	2827.0	636173.0	0.8	4	5	0.00	50.0

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

5	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	5	6	0.00	50.0
6	fondaz.	2827.0	636173.0	2.8	6	7	0.00	50.0
7	fondaz.	2827.0	636173.0	3.2	7	8	0.00	50.0
8	fondaz.	2827.0	636173.0	3.7	8	9	0.00	50.0
9	fondaz.	2827.0	636173.0	4.1	9	10	0.00	50.0
10	fondaz.	2827.0	636173.0	4.6	10	11	0.00	50.0
11	fondaz.	2827.0	636173.0	5.0	11	12	0.00	50.0
12	fondaz.	2827.0	636173.0	5.5	12	13	0.00	50.0
13	fondaz.	2827.0	636173.0	9.2	13	14	0.00	50.0
14	fondaz.	2827.0	636173.0	10.0	14	15	0.00	50.0
15	fondaz.	2827.0	636173.0	10.6	15	16	0.00	50.0
16	fondaz.	2827.0	636173.0	11.4	16	17	0.00	50.0

### Carichi applicati

Combinazione di carico n. 1:

Nodo	Fh[kg]	Fv[kg]	M[kg·cm]
1	0	4455	-1470200

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 70 di 120

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=5**

### Spostamenti nodali [cm],[rad]

*Combinazione di carico n. 1:*

d ( 1 ) =	1.0325
d ( 2 ) =	-0.0042
d ( 3 ) =	0.8326
d ( 4 ) =	-0.0038
d ( 5 ) =	0.6532
d ( 6 ) =	-0.0034
d ( 7 ) =	0.4959
d ( 8 ) =	-0.0029
d ( 9 ) =	0.3612
d ( 10 ) =	-0.0025
d ( 11 ) =	0.2490
d ( 12 ) =	-0.0020
d ( 13 ) =	0.1587
d ( 14 ) =	-0.0016
d ( 15 ) =	0.0892
d ( 16 ) =	-0.0012
d ( 17 ) =	0.0383
d ( 18 ) =	-0.0008
d ( 19 ) =	0.0035
d ( 20 ) =	-0.0006
d ( 21 ) =	-0.0184
d ( 22 ) =	-0.0003
d ( 23 ) =	-0.0302
d ( 24 ) =	-0.0002
d ( 25 ) =	-0.0347
d ( 26 ) =	0.0000
d ( 27 ) =	-0.0346
d ( 28 ) =	0.0000
d ( 29 ) =	-0.0319
d ( 30 ) =	0.0001
d ( 31 ) =	-0.0280
d ( 32 ) =	0.0001
d ( 33 ) =	-0.0238
d ( 34 ) =	0.0001

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 71 di 120

### Sollecitazioni nelle aste

Convenzione sui segni delle sollecitazioni:

Momenti flettenti: positivi se tendono le fibre inferiori di aste orizzontali, o se tendono le fibre sinistre di aste verticali

Sforzi normali : positivi se di compressione

#### Combinazione di carico n. 1:

Asta	N1 [kg]	T1 [kg]	M1 [kg·cm]	N2 [kg]	T2 [kg]	M2 [kg·cm]	z [cm]	Mz [kg·cm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0	-4452	-1470221	0	-2946	-1654000	48.0	-1650272	0.56
2	0	-2944	-1653998	0	-1566	-1765437	48.0	-1763439	0.52
3	0	-1566	-1765423	0	-381	-1812481	48.0	-1811979	0.45
4	0	-381	-1812473	0	605	-1805322	16.0	-1815632	0.38
5	0	606	-1805333	0	1060	-1763015	0.0	-1804560	0.18
6	0	1060	-1763017	0	2733	-1665016	0.0	-1761626	0.69
7	0	2733	-1665003	0	3911	-1496071	0.0	-1661538	0.51
8	0	3911	-1496068	0	4595	-1281101	0.0	-1491150	0.33
9	0	4595	-1281102	0	4837	-1043486	0.0	-1275344	0.16
10	0	4837	-1043486	0	4722	-803230	48.0	-809141	0.02
11	0	4722	-803230	0	4347	-575752	48.0	-581200	
12	0	4346	-575750	0	3807	-371590	48.0	-376366	
13	0	3807	-371590	0	2836	-205514	48.0	-209090	
14	0	2836	-205514	0	1839	-88956	48.0	-91285	
15	0	1839	-88956	0	881	-21450	48.0	-22580	
16	0	881	-21449	0	0	-1	48.0	-26	

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 12.5.2 Verifica a pressoflessione

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Palo diametro cm.60 per barriera H5**

#### Dati generali

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 30.0

#### Geometria della sezione

Diametro della sezione [cm]: 60.0

#### Armature della sezione

Copriferro delle armature [cm]: 7.0  
 Armatura complessiva : 22 ø 20

#### Sollecitazioni di progetto

Combinazione	N [kN]	Mx [kN·cm]	My [kN·cm]
1 C2	94.37	18156.00	0.00

#### Verifiche

Comb.	$\lambda_{min}$	Nd [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Nlim [kN]	$\mu_N$	Mxd [kN·cm]	Mmin [kN·cm]	Mmax [kN·cm]	$\mu_{Mx}$
1	448	94.37	-1876.78	5702.26	6078.96	60.42	18439.11	-50832.94	50832.94	2.76

**S.T.E. srl**  
**Italiana Sistemi srl**

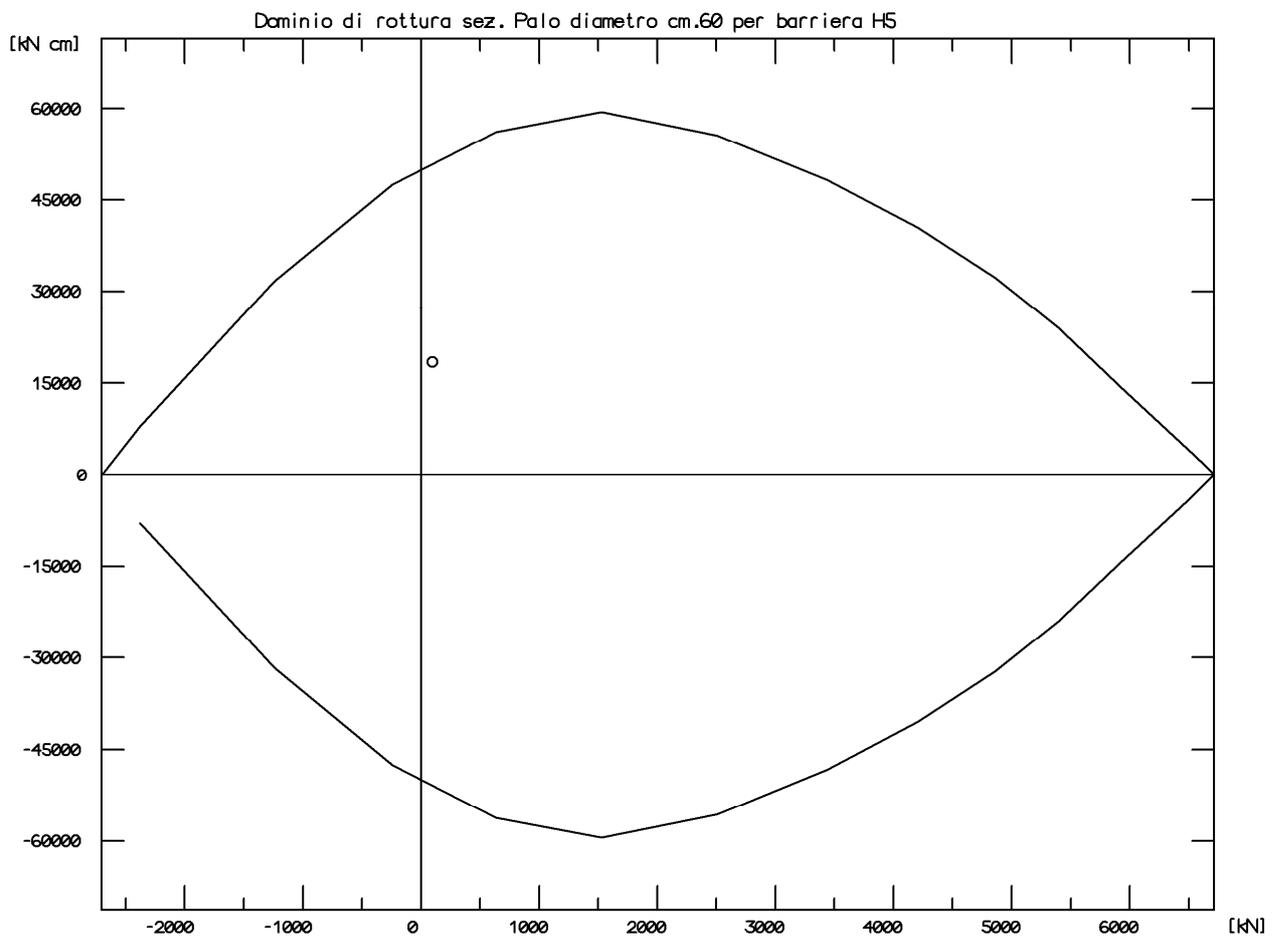
LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 001	C	73 di 120



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 74 di 120

### 12.5.3 Verifica a taglio

Resistenza caratteristica cubica, a 28 giorni:	$R_{ck} =$	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo per S.L.U. di taglio e torsione	$f_{cd} =$	14.11 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.06 N/mm <sup>2</sup>

Diametro palo:	$D =$	60 cm
Larghezza del quadrato equivalente:	$b_w =$	51.21 cm
Copriferro armature:	$c =$	5 cm
Altezza utile della sezione:	$d =$	46.21 cm
Lunghezza del palo:	$L_p =$	800 cm

Verifica di resistenza delle bielle di conglomerato compresso:

Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50
	$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	518.19 kN

Sollecitazione di taglio massimo:	$V_{Ed} =$	48.37 kN
-----------------------------------	------------	----------

$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$

$A_{staffe} = \text{Area staffe di progetto} > A_{min}$

Staffatura minima:	$A_{min} =$	7.68 cm <sup>2</sup> /m
--------------------	-------------	-------------------------

$V_{Ed}$	$A_{sw}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$	$V_{Rwd}$
kN	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m	kN
48.37	1.19	2	10	20	7.85	307.33

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 12.5.4 Verifica a fessurazione

Il procedimento adottato è quello indicato dalla Circolare M.LL.PP. 02/02/2009, art. 4.1.2.2.4.6.

#### *Dati geometrici e meccanici*

Diametro della sezione	D =	60 cm
Diametro della barra:	$\varnothing$ =	2 cm
Area della barra equivalente:	$\omega_b$ =	3.14 cm <sup>2</sup>
Ricoprimento armatura:	c =	5 cm
Copriferro medio d'armatura:	$c_t$ =	6 cm
Numero totale delle barre	$n_{tot}$ =	22
Distanza tra le barre:	s =	6.9 cm
Resistenza caratteristica del calcestruzzo:	$R_{ck}$ =	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione del calcestruzzo	$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$ =	32.9 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 R_{ck})^{2/3}$ =	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo:	$E_c = 22'000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ =	31447 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio:	$E_s$ =	210000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo:	$\alpha_c$ =	6.6779

#### *Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura: $\varepsilon_{sm}$*

Combinazione frequente:		
Sforzo normale di calcolo:	N =	94.37 kN
Momento flettente di calcolo: (ricavato per analogia all'analisi strutturale agli S.L.U.)		
	$4900 \times 18156 / 14702 =$	M = 6051.18 kN·cm
Tensione di lavoro dell'acciaio:	$\sigma_s =$	47.7 N/mm <sup>2</sup>
Asse neutro, da bordo inferiore	$x' =$	34.2 cm
Asse neutro, da bordo superiore	x =	25.8 cm
Spessore di calcestruzzo efficace:	$h_{c,eff} =$	11.4 cm
Angolo al centro del segmento circolare efficace:	$\alpha =$	103.36773 °
Area di calcestruzzo efficace:	$A_{c,eff} =$	374 cm <sup>2</sup>
Angolo al centro della corda circolare di armatura entro l'area efficace	$\alpha_1 =$	78.389935 °
Lunghezza della corda circolare di armatura:	l <sub>cc</sub> =	65.67 cm
Area di acciaio nell'area di calcestruzzo efficace:	$A_s =$	30.10 cm <sup>2</sup>
Rapporto tra acciaio e area di cls efficace	$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} =$	0.0804714
Coefficiente di durata dei carichi:	$k_t =$	0.6
Deformazione unitaria media dell'armatura:	$\varepsilon_{sm} = [(\sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ctm} \cdot (1 + \alpha_c \cdot \rho_{eff})) / \rho_{eff}] / E_s =$	0.0001363

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

*Calcolo della distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax}$*

Coefficiente di aderenza delle barre:  $k_1 = 0.8$

Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni:  $k_2 = 0.5$

Combinazione frequente:

Distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax} = 3.4 \cdot c + 0.425 \cdot k_1 k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff} = 21.23 \text{ cm}$

*Calcolo della larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k$*

Combinazione frequente:

Larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k = 1.7 \cdot \Delta_{smax} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0492 \text{ mm}$

Valore limite imposto alla larghezza delle fessure:  $w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

Essendo  $w_k$  inferiore a  $w_{max}$ , la verifica è pienamente soddisfatta.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 12.5.5 Calcolo della trave di collegamento

La trave di collegamento tra i pali viene dimensionata nella condizione estrema in cui il montante sia installato in asse tra due pali, sollecitandola a flessione deviata, taglio e torsione.

Le sollecitazioni di calcolo allo S.L.U. vengono desunte dalla *Relazione di calcolo montanti* (elaborato IN4104D26CLRI0000002B), nella combinazione di carico più gravosa.

Reazioni al piede dei montanti allo S.L.U.:

Sforzo normale:	N =	42.55	kN
Sforzo di taglio:	V =	37.13	kN
Momento flettente:	M =	102.09	kNm

#### Verifica a flessione

A vantaggio di sicurezza si considera la trave incastrata ai due pali consecutivi, senza alcun contributo di reazione di sottofondo del terreno, e sottoposta alla flessione deviata dovuta alla reazione orizzontale e verticale trasmessa dal montante, oltre che al peso proprio.

Interasse fra i pali	$i_p =$	3	m
Momenti flettenti sollecitanti la trave	$M_x =$	30.96	kNm
	$M_y =$	13.92	kNm
Sezione della trave	80 x 100	$A_c =$	8000 cm <sup>2</sup>
Area armatura longitudinale minima (D.M.2008, art. 7.2.5):	0.2%		16.0 cm <sup>2</sup>
Armatura effettiva	$A_{f_{inf}} = A_{f_{sup}} =$	6 $\phi$ 20	18.85 cm <sup>2</sup>
	$A_{f_{destra}} = A_{f_{sinistra}} =$	4 $\phi$ 16	

Si allega il tabulato di verifica.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 78 di 120

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Trave di collegamento per barriera H5**

**Dati generali**

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 35.0

**Geometria della sezione**

Vertice	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	100.0
3	80.0	100.0
4	80.0	0.0

**Armature della sezione**

Armatura	Xf [cm]	Yf [cm]	ø [mm]
1	5.0	5.0	20
2	20.0	5.0	20
3	60.0	5.0	20
4	75.0	5.0	20
5	5.0	95.0	20
6	20.0	95.0	20
7	60.0	95.0	20
8	75.0	95.0	20
9	5.0	20.0	16
10	5.0	40.0	16
11	5.0	60.0	16
12	5.0	80.0	16
13	75.0	20.0	16
14	75.0	40.0	16
15	75.0	60.0	16
16	75.0	80.0	16
17	30.0	5.0	20
18	50.0	5.0	20
19	30.0	95.0	20
20	50.0	95.0	20

**Sollecitazioni di progetto**

Combinazione	N [kN]	Mx [kN-cm]	My [kN-cm]
1	0.00	3096.00	1392.00

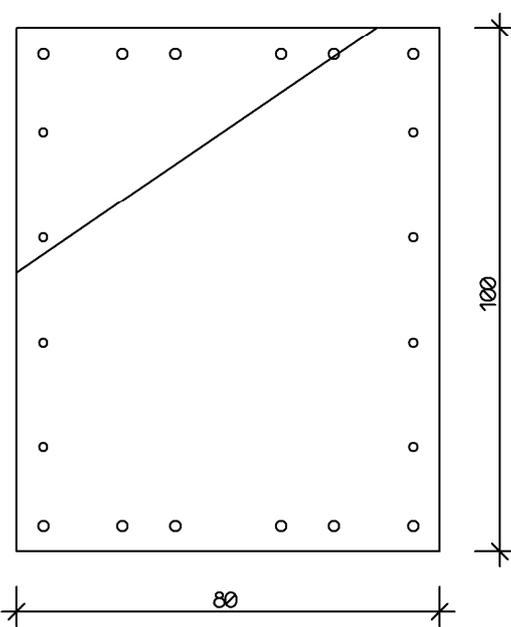
**Verifiche**

Cmb.	λ <sub>min</sub>	N <sub>d</sub> [kN]	N <sub>lim</sub> [kN]	M <sub>xd</sub> [kN-cm]	M <sub>UxPos</sub> [kN-cm]	M <sub>UxNeg</sub> [kN-cm]	M <sub>yd</sub> [kN-cm]	M <sub>UyPos</sub> [kN-cm]	M <sub>UyNeg</sub> [kN-cm]	ε <sub>c</sub> [%]	ε <sub>c,t</sub> [%]	ε <sub>f</sub> [%]	ε <sub>f,C</sub> [%]	η <sub>ver</sub>
1	99999	0.00	10886.28	3096	0	0	1392	0	0	-0.005	0.006	0.010	-0.004	72.66

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 79 di 120

*Verifica a fessurazione*

Ai sensi dell'art.C4.1.2.2.4.6 della Circolare 617/2009, si omette il calcolo diretto in quanto lo stato tensionale delle barre di armatura, anche per sollecitazioni allo S.L.U., è molto al di sotto dei limiti richiesti dalle tabelle C.4.1.II e C.4.1.III e i limiti di diametro delle barre e di spaziatura massima sono ampiamente soddisfatti.

<p>Armature: 12<math>\phi</math>20 + 8<math>\phi</math>16</p> 	<p>Sollecitazioni:  <math>N = .001</math> kN  <math>M_x = 3096</math> kN·cm  <math>M_y = 1392</math> kN·cm</p> <p>Stabilità:  <math>L_i = 0</math> cm  <math>\lambda_x = 0</math>  <math>\lambda_y = 0</math>  <math>\Omega_{\text{omega}} = 1</math>  <math>C_x = 1</math>  <math>C_y = 1</math></p> <p>Asse neutro:  <math>X_1 = 0</math> cm  <math>Y_1 = 53.2</math> cm  <math>X_2 = 68.1</math> cm  <math>Y_2 = 100</math> cm</p> <p>Caratteristiche:  <math>J_x = 2066670</math> cm<sup>4</sup>  <math>J_y = 1191157</math> cm<sup>4</sup>  <math>A_i = 2398</math> cm<sup>2</sup></p> <p>Tensioni:  <math>\sigma_c = 653</math> N/mm<sup>2</sup>  <math>\sigma_f = 20.9</math> N/mm<sup>2</sup>  <math>\sigma_{fc} = -8.1</math> N/mm<sup>2</sup></p>
<p>file: D:\ArchDATI\Alpin\Brescia Italferr_Barriere antirumore\Fondazioni\ProsezWin\Trave80x100_H5_SLE.cao</p>	
<p>SEZIONE: Trave di collegamento per barriera H5          Comb.n. 1:</p>	

**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 80 di 120

### Verifica a Taglio e Torsione

La sollecitazione di taglio è data dal peso proprio della trave e dalla reazione verticale del montante, mentre l'azione torcente è fornita dal momento flettente alla base del montante e dal taglio orizzontale moltiplicato per la semi-altezza della trave.

Taglio di calcolo	$V_{Ed} =$	51.28 kN
Momento torcente di calcolo	$T_{Ed} =$	60.33 kN·m
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	15.87 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.93 N/mm <sup>2</sup>
Larghezza dell'anima:	$b_w =$	80 cm
Altezza della sezione	$h =$	100 cm
Copriferro armatura	$c =$	6
Altezza utile della sezione:	$d =$	94 cm
Lunghezza del perimetro della sezione resistente a torsione:	$u =$	360 cm
Area della sezione resistente a torsione:	$A_c =$	8000 cm <sup>2</sup>
Spessore sezione anulare a torsione:	$t =$	22.22 cm
Area della sezione anulare equivalente:	$A =$	4493.83 cm <sup>2</sup>
Lunghezza del perimetro medio della sezione anulare equivalente:	$u_m =$	271.11 cm
Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50
Resistenza a taglio delle bielle di cls:	$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	1851.48 kN
Resistenza a torsione delle bielle di cls:	$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	546.38 kN·m
Verifica combinata Taglio+Torsione:	$V_{Ed} / V_{Rcd} + T_{Ed} / T_{Rcd} =$	0.14 < 1

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{str} = \text{Area staffe a torsione} = T_{Ed} / (2 \cdot A \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$A_{min}$  = Area staffe compressive, superiori a quelle minime di regolamento

$A_{staffe}$  = Area staffe di progetto >  $A_{min}$

Staffatura minima di regolamento: 12 cm<sup>2</sup>/m

$V_{Ed}$	$T_{Ed}$	$A_{sw}$	$A_{str}$	$A_{min}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$
kN	kN·cm	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m
51.28	6032.75	0.62	0.69	1.31	4	12	20	22.62

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 13 BARRIERE H6.5

### 13.1 Dati di carico

#### SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE ESTRADOSSO PALI

H_mont	H_tot	N	V	M
[m]	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
7	8.1	97.04	36.45	147.62

Sollecitazioni S.L.U.:

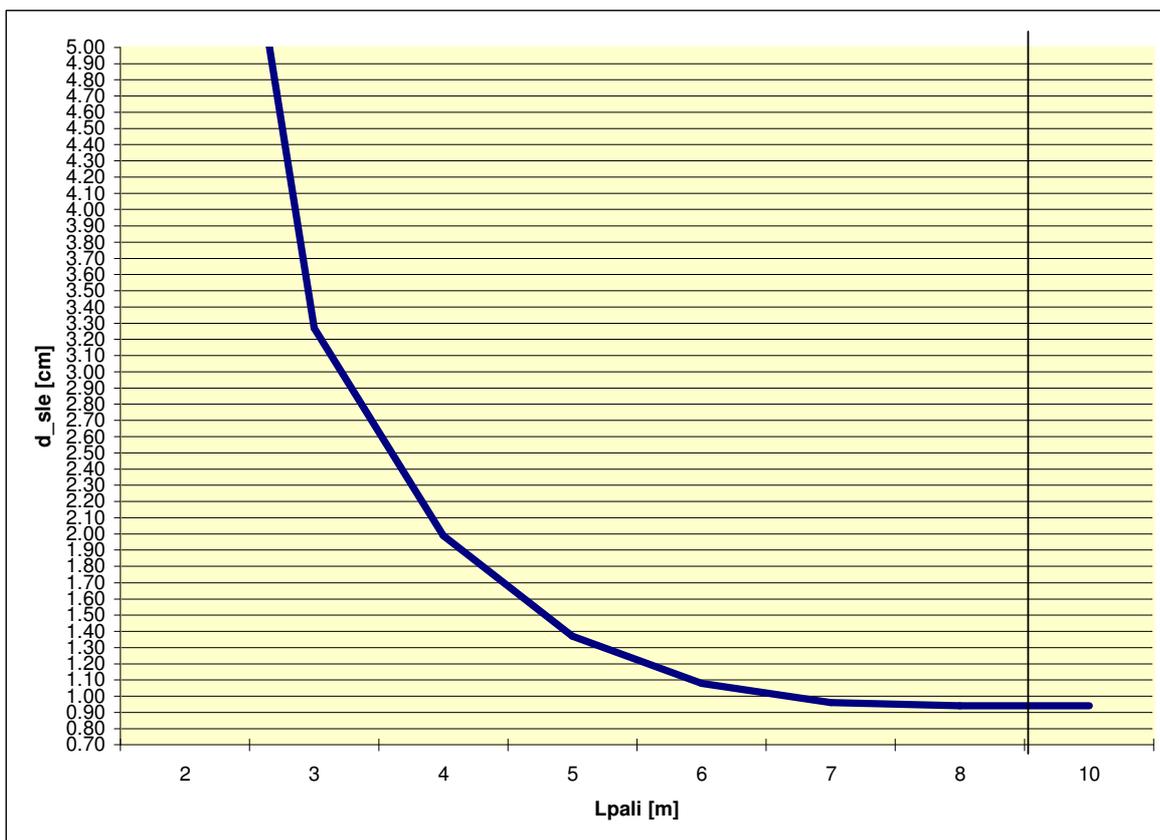
	N	V	M
	[kN]	[kN]	[kNm]
<b>C1</b>	126.15	54.68	221.43
<b>C2</b>	97.04	54.68	221.43
<b>C3</b>	97.04	47.39	191.91

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 82 di 120

### 13.2 Calcolo profondità di infissione

Si riportano sinteticamente i risultati dell'analisi F.E.M. per varie lunghezze di palo, in termini di spostamento in testa alla fondazione (grado di libertà n.1), sottoposto ai carichi caratteristici, assumendo come lunghezza di progetto quella per cui lo spostamento abbia uno scarto rispetto al minimo spostamento (palo di massima lunghezza) prossimo al 10%.

Lpali [m]	2	3	4	5	6	7	8	10
d_testa [cm]	8.28	3.27	1.99	1.37	1.08	0.96	0.94	0.94
scarto %	780.85	247.87	111.70	45.74	14.89	2.13	0.00	0.00



Lunghezza di progetto del palo  
 Spostamento in testa alla fondazione

Lp = 8.00 m  
 d\_fs = 0.94 cm

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 83 di 120

### 13.3 Portanza a carichi orizzontali

Data la presenza della scarpata, si considera inefficace il primo metro di terreno a valle.

Si effettua la verifica per la combinazione C3 che risulta la più penalizzante.

Angolo di attrito interno	$\phi' =$	26 °
Peso specifico efficace	$\gamma' =$	19.00 kN/mc
Coefficiente di spinta passiva	$K_p =$	2.56
Rotazione in testa: 0: libera, 1:impedita		0
Quota di applicazione del carico da testa palo	$e_1 =$	4.05 m
Spessore di terreno superficiale non collaborante	$e_2 =$	1.00 m
Eccentricità effettiva del carico in testa	$e = e_1 + e_2 =$	5.05 m
Lunghezza efficace del palo	$L =$	7.00 m
Diametro del palo	$d =$	0.6 m
Rapporto L/d	$L/d =$	11.6667
Rapporto e/d	$e/d =$	8.41594
Armatura		24 $\phi$ 24
Momento di plasticizzazione	$M_y =$	863.65 kN·m
Rapporto di capacità portante orizzontale:	$H_{lim} / (K_p \gamma' d^3) =$	13.17 (palo lungo)
Carico limite orizzontale:	$H_{lim} =$	138.43 kN
Fattore di correlazione	$\xi_4 =$	1.21
Fattore riduttivo della resistenza:	$\gamma_T =$	1.6
Carico resistente orizzontale:	$H_R = H_{lim} / (\xi_4 \cdot \gamma_T) =$	71.50 kN
Coefficiente di sicurezza:	$H_R / V =$	1.51 > 1

La verifica è pertanto soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 84 di 120

### 13.4 Portanza a carichi verticali

Quota testa pali rispetto al piano di campagna	0 m									
Coefficiente di sicurezza di $\tan\phi'$ per SLU	M1 : $\gamma_M = 1$									
Coefficiente di riduzione della resistenza	base	$\gamma_b =$	R1	R2						
			1	1.7						
	laterale	$\gamma_s =$	1	1.45						
Fattore di correlazione	$\xi_4 = 1.21$									
Strato	z max [m]	spessore [m]	$\phi'$ [°]	$\phi'_{SLU}$ [°]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{v\text{ medio}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	K	tens.media palo [t/mq]	
1	2	2	30	30	19	38	19	0.50	1.9	
2	6	4	26	26	19	114	76	0.56	7.6	
3	10	4	30	30	19	190	152	0.50	13.3	
4	50	40	28	28	9	550	370	0.53	19	
Lunghezza palo	8.00 m									
Diametro palo	0.6 m									
Rapporto L/D	13.33									
Palo iniettato a pressione (1: sì, 0: no)	0									
Inclinazione palo rispetto alla verticale	0 °									
Profondità punta palo	8.00 m									
Angolo di attrito terreno alla punta	27.00 °									
Coefficiente di capacità portante $N_q$	21.19									
Coefficiente di riduzione $\alpha_q$	0.59									
Pressione verticale alla punta	152 kN/m <sup>2</sup>									
Portata alla punta	Qpunta =	535.07 kN								
Portata laterale	Qlater =	322.38 kN								
Peso efficace del del palo	P'palo =	13.57 kN								
Coefficiente di efficienza di gruppo	Eg =	1								
	Combinazione:	C1	C2	C3						
Portanza resistente	Rp [kN] =	691.00	691.00	426.23						
Azione verticale	N [kN] =	126.15	97.04	97.04						
Coefficiente di sicurezza		5.48	7.12	4.39						

Poiché il coefficiente di sicurezza è sempre >1, la verifica è soddisfatta

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 85 di 120

## 13.5 Verifica strutturale

### 13.5.1 Analisi delle sollecitazioni S.L.U.

Si analizza la combinazione C2 che risulta più gravosa per le verifiche strutturali.

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=6.5**

#### Dati generali

Modulo elastico: 314470 kg/cm<sup>2</sup>  
 Larghezza base travi Winkler: 60 cm

#### Coordinate e gradi di liberta' dei nodi

Nodo	X [cm]	Y [cm]	u	v	$\phi$
1	0.0	0.0	0	1	2
2	50.0	0.0	0	3	4
3	100.0	0.0	0	5	6
4	150.0	0.0	0	7	8
5	200.0	0.0	0	9	10
6	250.0	0.0	0	11	12
7	300.0	0.0	0	13	14
8	350.0	0.0	0	15	16
9	400.0	0.0	0	17	18
10	450.0	0.0	0	19	20
11	500.0	0.0	0	21	22
12	550.0	0.0	0	23	24
13	600.0	0.0	0	25	26
14	650.0	0.0	0	27	28
15	700.0	0.0	0	29	30
16	750.0	0.0	0	31	32
17	800.0	0.0	0	33	34

#### Caratteristiche geometriche delle aste

Asta	tipo	A[cm <sup>2</sup> ]	J[cm <sup>4</sup> ]	Kw[kg/cm <sup>3</sup> ]	Nodo1	Nodo2	Inclin.[°]	Lungh.[cm]
1	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	1	2	0.00	50.0
2	fondaz.	2827.0	636173.0	0.6	2	3	0.00	50.0

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>IN0G</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

3	fondaz.	2827.0	636173.0	0.7	3	4	0.00	50.0
4	fondaz.	2827.0	636173.0	0.8	4	5	0.00	50.0
5	fondaz.	2827.0	636173.0	0.5	5	6	0.00	50.0
6	fondaz.	2827.0	636173.0	2.8	6	7	0.00	50.0
7	fondaz.	2827.0	636173.0	3.2	7	8	0.00	50.0
8	fondaz.	2827.0	636173.0	3.7	8	9	0.00	50.0
9	fondaz.	2827.0	636173.0	4.1	9	10	0.00	50.0
10	fondaz.	2827.0	636173.0	4.6	10	11	0.00	50.0
11	fondaz.	2827.0	636173.0	5.0	11	12	0.00	50.0
12	fondaz.	2827.0	636173.0	5.5	12	13	0.00	50.0
13	fondaz.	2827.0	636173.0	9.2	13	14	0.00	50.0
14	fondaz.	2827.0	636173.0	10.0	14	15	0.00	50.0
15	fondaz.	2827.0	636173.0	10.6	15	16	0.00	50.0
16	fondaz.	2827.0	636173.0	11.4	16	17	0.00	50.0

### Carichi applicati

Combinazione di carico n. 1:

Nodo	Fh[kg]	Fv[kg]	M[kg·cm]
1	0	5468	-2214300

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Plane 1.4 - Analisi di strutture piane - **Palo per barriera H=6.5**

### Spostamenti nodali [cm],[rad]

*Combinazione di carico n. 1:*

d ( 1 ) =	1.4117
d ( 2 ) =	-0.0059
d ( 3 ) =	1.1323
d ( 4 ) =	-0.0053
d ( 5 ) =	0.8832
d ( 6 ) =	-0.0047
d ( 7 ) =	0.6660
d ( 8 ) =	-0.0040
d ( 9 ) =	0.4810
d ( 10 ) =	-0.0034
d ( 11 ) =	0.3279
d ( 12 ) =	-0.0027
d ( 13 ) =	0.2056
d ( 14 ) =	-0.0021
d ( 15 ) =	0.1121
d ( 16 ) =	-0.0016
d ( 17 ) =	0.0443
d ( 18 ) =	-0.0011
d ( 19 ) =	-0.0017
d ( 20 ) =	-0.0007
d ( 21 ) =	-0.0299
d ( 22 ) =	-0.0004
d ( 23 ) =	-0.0445
d ( 24 ) =	-0.0002
d ( 25 ) =	-0.0494
d ( 26 ) =	0.0000
d ( 27 ) =	-0.0481
d ( 28 ) =	0.0001
d ( 29 ) =	-0.0433
d ( 30 ) =	0.0001
d ( 31 ) =	-0.0370
d ( 32 ) =	0.0001
d ( 33 ) =	-0.0303
d ( 34 ) =	0.0001

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 88 di 120

### Sollecitazioni nelle aste

Convenzione sui segni delle sollecitazioni:

Momenti flettenti: positivi se tendono le fibre inferiori di aste orizzontali, o se tendono le fibre sinistre di aste verticali

Sforzi normali : positivi se di compressione

#### Combinazione di carico n. 1:

Asta	N1 [kg]	T1 [kg]	M1 [kg·cm]	N2 [kg]	T2 [kg]	M2 [kg·cm]	z [cm]	Mz [kg·cm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0	-5463	-2214303	0	-3411	-2434602	48.0	-2430276	0.76
2	0	-3411	-2434726	0	-1541	-2556639	48.0	-2554660	0.70
3	0	-1543	-2556606	0	57	-2591533	48.0	-2591569	0.61
4	0	56	-2591515	0	1377	-2553584	0.0	-2591388	0.51
5	0	1377	-2553610	0	1979	-2468817	0.0	-2551868	0.24
6	0	1978	-2468815	0	4167	-2310888	0.0	-2466256	0.91
7	0	4167	-2310879	0	5675	-2061026	0.0	-2305607	0.66
8	0	5675	-2061037	0	6511	-1753304	0.0	-2053906	0.41
9	0	6511	-1753304	0	6753	-1419346	0.0	-1745148	0.18
10	0	6752	-1419345	0	6518	-1085943	48.0	-1094104	
11	0	6518	-1085943	0	5945	-773425	48.0	-780877	
12	0	5944	-773423	0	5164	-495354	48.0	-501835	
13	0	5164	-495352	0	3800	-271395	48.0	-276187	
14	0	3800	-271394	0	2429	-116237	48.0	-119315	
15	0	2429	-116236	0	1145	-27693	48.0	-29162	
16	0	1145	-27693	0	0	0	48.0	-32	

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 13.5.2 Verifica a pressoflessione

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - **Palo diametro cm.60 per barriera H6.5**

#### Dati generali

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 30.0

#### Geometria della sezione

Diametro della sezione [cm]: 60.0

#### Armature della sezione

Copriferro delle armature [cm]: 7.2  
 Armatura complessiva : 24 ø 24

#### Sollecitazioni di progetto

Combinazione	N [kN]	Mx [kN·cm]	My [kN·cm]
1 C2	97.04	25915.00	0.00

#### Verifiche

Comb.	$\lambda_{min}$	Nd [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Nlim [kN]	$\mu_N$	Mxd [kN·cm]	Mmin [kN·cm]	Mmax [kN·cm]	$\mu_{Mx}$
1	509	97.04	-3045.79	6795.96	7854.58	70.03	26206.12	-73523.01	73523.01	2.81

**S.T.E. srl**  
**Italiana Sistemi srl**

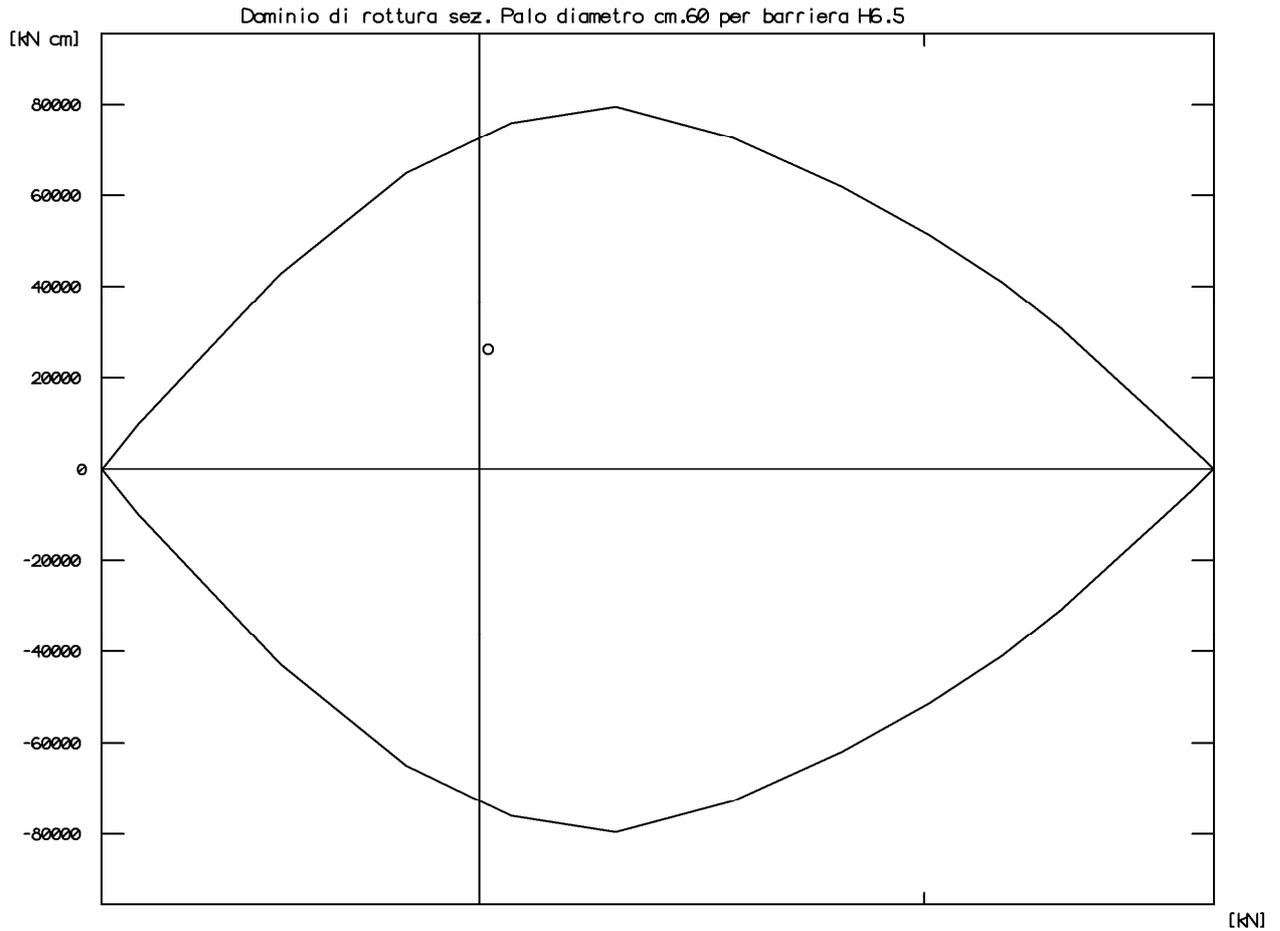
LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
Lotto funzionale Treviglio-Brescia

**PROGETTO ESECUTIVO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO  
DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA**

RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOG	00	E ZZ CL	RI 00 00 001	C	90 di 120



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 91 di 120

### 13.5.3 Verifica a taglio

Resistenza caratteristica cubica, a 28 giorni:  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza di calcolo per S.L.U. di taglio e torsione  $f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$   
 Resistenza di calcolo a compressione ridotta  $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} = 7.06 \text{ N/mm}^2$

Diametro palo:  $D = 60 \text{ cm}$   
 Larghezza del quadrato equivalente:  $b_w = 51.21 \text{ cm}$   
 Copriferro armature:  $c = 5 \text{ cm}$   
 Altezza utile della sezione:  $d = 46.21 \text{ cm}$   
 Lunghezza del palo:  $L_p = 800 \text{ cm}$

Verifica di resistenza delle bielle di conglomerato compresso:

Inclinazione del puntone compresso  $\cotg \theta = 2.50$   
 $V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) = 518.19 \text{ kN}$

Sollecitazione di taglio massimo:  $V_{Ed} = 67.53 \text{ kN}$

$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$

$A_{staffe} = \text{Area staffe di progetto} > A_{min}$

Staffatura minima:  $A_{min} = 7.68 \text{ cm}^2/\text{m}$

$V_{Ed}$	$A_{sw}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$	$V_{Rwd}$
kN	$\text{cm}^2/\text{m}$	n.	mm	cm	$\text{cm}^2/\text{m}$	kN
67.53	1.66	2	10	20	7.85	307.33

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 92 di 120

### 13.5.4 Verifica a fessurazione

Il procedimento adottato è quello indicato dalla Circolare M.LL.PP. 02/02/2009, art. 4.1.2.2.4.6.

#### *Dati geometrici e meccanici*

Diametro della sezione	D =	60 cm
Diametro della barra:	$\varnothing$ =	2.4 cm
Area della barra equivalente:	$\omega_b$ =	4.52 cm <sup>2</sup>
Ricoprimento armatura:	c =	5 cm
Copriferro medio d'armatura:	$C_f$ =	6.2 cm
Numero totale delle barre	$n_{tot}$ =	24
Distanza tra le barre:	s =	6.2 cm
Resistenza caratteristica del calcestruzzo:	$R_{ck}$ =	30 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione del calcestruzzo	$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$ =	32.9 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione del calcestruzzo:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot (0.83 R_{ck})^{2/3}$ =	2.56 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico del calcestruzzo:	$E_c = 22'000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3}$ =	31447 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio:	$E_s$ =	210000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo:	$\alpha_c$ =	6.6779

#### *Calcolo della deformazione unitaria media dell'armatura: $\varepsilon_{sm}$*

Combinazione frequente:		
Sforzo normale di calcolo:	N =	97.04 kN
Momento flettente di calcolo: (ricavato per analogia all'analisi strutturale agli S.L.U.)		
	$7380.00 \times 25915 / 22143 =$	M = 8637.16 kN·cm
Tensione di lavoro dell'acciaio:	$\sigma_s$ =	50.4 N/mm <sup>2</sup>
Asse neutro, da bordo inferiore	$x'$ =	33.4 cm
Asse neutro, da bordo superiore	x =	26.6 cm
Spessore di calcestruzzo efficace:	$h_{c,ef}$ =	11.1 cm
Angolo al centro del segmento circolare efficace:	$\alpha$ =	102.06361 °
Area di calcestruzzo efficace:	$A_{c,eff}$ =	362 cm <sup>2</sup>
Angolo al centro della corda circolare di armatura entro l'area efficace	$\alpha_1$ =	75.119685 °
Lunghezza della corda circolare di armatura:	$l_{cc}$ =	62.41 cm
Area di acciaio nell'area di calcestruzzo efficace:	$A_s$ =	45.31 cm <sup>2</sup>
Rapporto tra acciaio e area di cls efficace	$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff}$ =	0.1253269
Coefficiente di durata dei carichi:	$k_t$ =	0.6
Deformazione unitaria media dell'armatura:	$\varepsilon_{sm} = [(\sigma_s \cdot k_t \cdot f_{ctm} \cdot (1 + \alpha_c \cdot \rho_{eff}) / \rho_{eff}) / E_s]$ =	0.000144

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

*Calcolo della distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax}$*

Coefficiente di aderenza delle barre:  $k_1 = 0.8$

Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni:  $k_2 = 0.5$

Combinazione frequente:

Distanza massima tra le fessure:  $\Delta_{smax} = 3.4 \cdot c + 0.425 \cdot k_1 k_2 \cdot \varnothing / \rho_{eff} = 20.26 \text{ cm}$

*Calcolo della larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k$*

Combinazione frequente:

Larghezza caratteristica delle fessure:  $w_k = 1.7 \cdot \Delta_{smax} \cdot \epsilon_{sm} = 0.0496 \text{ mm}$

Valore limite imposto alla larghezza delle fessure:  $w_{max} = 0.40 \text{ mm}$

Essendo  $w_k$  inferiore a  $w_{max}$ , la verifica è pienamente soddisfatta.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

### 13.5.5 Calcolo della trave di collegamento

La trave di collegamento tra i pali viene dimensionata nella condizione estrema in cui il montante sia installato in asse tra due pali, sollecitandola a flessione deviata, taglio e torsione.

Le sollecitazioni di calcolo allo S.L.U. vengono desunte dalla *Relazione di calcolo montanti* (elaborato IN4104D26CLRI0000002B), nella combinazione di carico più gravosa.

Reazioni al piede dei montanti allo S.L.U.:

Sforzo normale:	N =	46.56	kN
Sforzo di taglio:	V =	47.25	kN
Momento flettente:	M =	165.38	kNm

#### Verifica a flessione

A vantaggio di sicurezza si considera la trave incastrata ai due pali consecutivi, senza alcun contributo di reazione di sottofondo del terreno, e sottoposta alla flessione deviata dovuta alla reazione orizzontale e verticale trasmessa dal montante, oltre che al peso proprio.

Interasse fra i pali	$i_p =$	3 m
Momenti flettenti sollecitanti la trave	$M_x =$	32.46 kNm
	$M_y =$	17.72 kNm
Sezione della trave	80 x 100	$A_c =$ 8000 cm <sup>2</sup>
Area armatura longitudinale minima (D.M.2008, art. 7.2.5):	0.2%	16.0 cm <sup>2</sup>
Armatura effettiva	$A_{f_{inf}} = A_{f_{sup}} =$	6 $\phi$ 20
	$A_{f_{destra}} = A_{f_{sinistra}} =$	4 $\phi$ 16
		18.85 cm <sup>2</sup>

Si allega il tabulato di verifica.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 95 di 120

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - Trave di collegamento per barriera H6.5

### Dati generali

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 35.0

### Geometria della sezione

Vertice	X [cm]	Y [cm]
1	0.0	0.0
2	0.0	100.0
3	80.0	100.0
4	80.0	0.0

### Armature della sezione

Armatura	Xf [cm]	Yf [cm]	ø [mm]
1	5.0	5.0	20
2	20.0	5.0	20
3	60.0	5.0	20
4	75.0	5.0	20
5	5.0	95.0	20
6	20.0	95.0	20
7	60.0	95.0	20
8	75.0	95.0	20
9	5.0	20.0	16
10	5.0	40.0	16
11	5.0	60.0	16
12	5.0	80.0	16
13	75.0	20.0	16
14	75.0	40.0	16
15	75.0	60.0	16
16	75.0	80.0	16
17	30.0	5.0	20
18	50.0	5.0	20
19	30.0	95.0	20
20	50.0	95.0	20

### Sollecitazioni di progetto

Combinazione	N [kN]	Mx [kN-cm]	My [kN-cm]
1	0.00	3246.00	1772.00

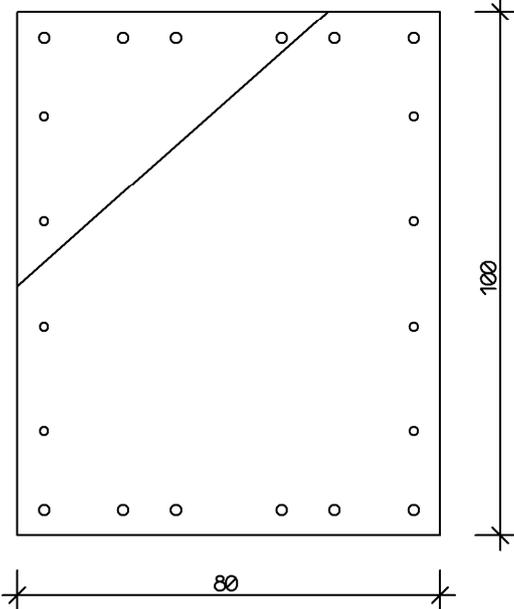
### Verifiche

Cmb.	$\lambda_{min}$	Nd [kN]	Nlim [kN]	Mbd [kN-cm]	MUxPos [kN-cm]	MUxNeg [kN-cm]	Myd [kN-cm]	MUyPos [kN-cm]	MUyNeg [kN-cm]	$\epsilon_c$ [%]	$\epsilon_{c,t}$ [%]	$\epsilon_f$ [%]	$\epsilon_{f,C}$ [%]	$\eta_{ver}$
1	99999	0.00	12297.28	3246	0	0	1772	0	0	-0.005	0.005	0.011	-0.004	67.40

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

*Verifica a fessurazione*

Ai sensi dell'art.C4.1.2.2.4.6 della Circolare 617/2009, si omette il calcolo diretto in quanto lo stato tensionale delle barre di armatura, anche per sollecitazioni allo S.L.U., è molto al di sotto dei limiti richiesti dalle tabelle C.4.1.II e C.4.1.III e i limiti di diametro delle barre e di spaziatura massima sono ampiamente soddisfatti.

<p>Armature: 12<math>\phi</math>20 + 8<math>\phi</math>16</p> 	<p>Sollecitazioni:  <math>N = 0</math> kN  <math>M_x = 3246</math> kN·cm  <math>M_y = 1772</math> kN·cm</p> <p>Stabilità:  <math>L_i = 0</math> cm  <math>\lambda_x = 0</math>  <math>\lambda_y = 0</math>  <math>\Omega_{\text{mega}} = 1</math>  <math>C_x = 1</math>  <math>C_y = 1</math></p> <p>Asse neutro:  <math>X_1 = 0</math> cm  <math>Y_1 = 47,6</math> cm  <math>X_2 = 58,8</math> cm  <math>Y_2 = 100</math> cm</p> <p>Caratteristiche:  <math>J_x = 2018521</math> cm<sup>4</sup>  <math>J_y = 1136769</math> cm<sup>4</sup>  <math>A_i = 2346</math> cm<sup>2</sup></p> <p>Tensioni:  <math>\sigma_c = 752</math> N/mm<sup>2</sup>  <math>\sigma_f = 23,6</math> N/mm<sup>2</sup>  <math>\sigma_{fc} = -9,3</math> N/mm<sup>2</sup></p>
<p>file: D:\ArchDAT\Alpin\Brescia Italferr_Barriere antirumore\Fondazioni\ProsezWin\Trave80x100-H6.5-SLE.cao</p>	
<p>SEZIONE: Trave di collegamento per barriera H6.5          Comb.n. 1:</p>	

**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 97 di 120

### Verifica a Taglio e Torsione

La sollecitazione di taglio è data dal peso proprio della trave e dalla reazione verticale del montante, mentre l'azione torcente è fornita dal momento flettente alla base del montante e dal taglio orizzontale moltiplicato per la semi-altezza della trave.

Taglio di calcolo	$V_{Ed} =$	53.28 kN
Momento torcente di calcolo	$T_{Ed} =$	94.50 kN·m
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	15.87 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd} =$	7.93 N/mm <sup>2</sup>
Larghezza dell'anima:	$b_w =$	80 cm
Altezza della sezione	$h =$	100 cm
Copriferro armatura	$c =$	6
Altezza utile della sezione:	$d =$	94 cm
Lunghezza del perimetro della sezione resistente a torsione:	$u =$	360 cm
Area della sezione resistente a torsione:	$A_c =$	8000 cm <sup>2</sup>
Spessore sezione anulare a torsione:	$t =$	22.22 cm
Area della sezione anulare equivalente:	$A =$	4493.83 cm <sup>2</sup>
Lunghezza del perimetro medio della sezione anulare equivalente:	$u_m =$	271.11 cm
Inclinazione del puntone compresso	$\cotg \theta =$	2.50
Resistenza a taglio delle bielle di cls:	$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	1851.48 kN
Resistenza a torsione delle bielle di cls:	$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta) =$	546.38 kN·m
Verifica combinata Taglio+Torsione:	$V_{Ed} / V_{Rcd} + T_{Ed} / T_{Rcd} =$	0.20 < 1

$$A_{sw} = \text{Area delle staffe a taglio} = V_{Ed} / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$$A_{str} = \text{Area staffe a torsione} = T_{Ed} / (2 \cdot A \cdot f_{yd} \cdot \cotg \theta)$$

$A_{min}$  = Area staffe compressive, superiori a quelle minime di regolamento

$A_{staffe}$  = Area staffe di progetto >  $A_{min}$

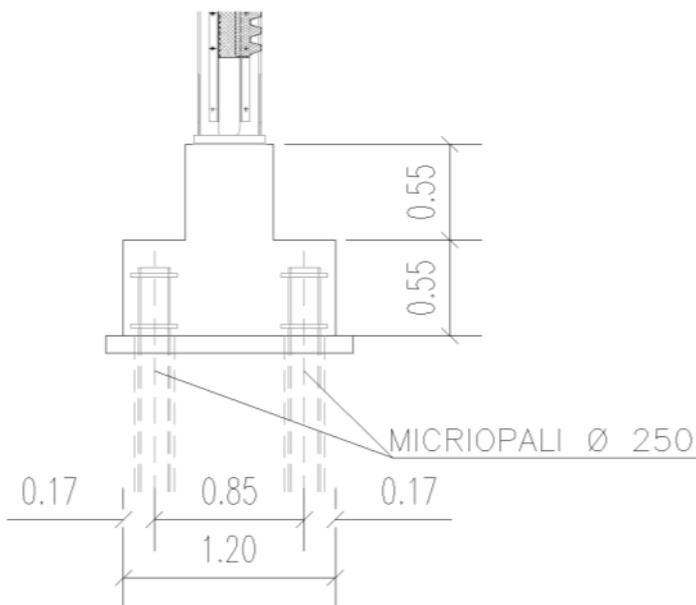
Staffatura minima di regolamento: 12 cm<sup>2</sup>/m

$V_{Ed}$	$T_{Ed}$	$A_{sw}$	$A_{str}$	$A_{min}$	bracci	$\phi$	passo "s"	$A_{staffe}$
kN	kN·cm	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>2</sup> /m	n.	mm	cm	cm <sup>2</sup> /m
53.28	9450.25	0.64	1.07	1.72	4	12	20	22.62

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

#### 14 BARRIERE H6.5 (BA16-BA17) SU MICROPALI

La presente relazione è perfettamente aderente al calcolo di Progetto Definitivo approvato, relativo alla fondazione su trave a T rovescia, di altezza complessiva 110 cm e larghezza 120 cm, fondata su micropali  $\Phi 250$  distanziati 85cm e a passo longitudinale di 150cm.



##### 14.1 Azioni sui pali di fondazione

Posto  $b=0.85$  m. la distanza tra i pali, le azioni risultanti, rispettivamente di compressione e di trazione sui pali di fondazione valgono:

$$F_{SX} = \left( \frac{N_M}{4} + \frac{M_M}{2b} \right) \qquad F_{DX} = \left( \frac{N_M}{4} - \frac{M_M}{2b} \right)$$

Con riferimento alle 3 combinazioni di carico, si ottengono le sollecitazioni riportate nelle tabelle seguenti. Nelle ultime due colonne si riportano gli sforzi agenti sul palo esterno ed interno, da intendersi positivi se di compressione e negativi se di trazione.

H=6.5	SOLLECITAZIONI SUL SINGOLO PALO					
	N	V	M	N,max	N,min	T
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]
C1	131.52	54.68	221.43	163.13	-97.38	13.67
C2	101.17	54.68	221.43	155.55	-104.96	13.67
C3	101.17	47.39	191.91	138.18	-87.60	11.85

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 14.2 Capacità portante verticale dei micropali

Il calcolo viene eseguito secondo il metodo messo a punto dall' "École Nationale des Ponts et Chaussées" da Bustamante e Doix, recepito nella gran parte delle normative e linee guida in Europa e negli Stati Uniti (FHWA) e basato sulla conoscenza dei valori del parametro  $N_{SPT}$  e/o  $p_L$  (pressione laterale limite) dei terreni attraversati. I micropali vengono distinti in due categorie:

- micropali eseguiti con iniezioni ripetute e controllate con tubo a valvole e doppio otturatore (**IRS**, injection repetitive et selective). Appartengono a tale gruppo i micropali da adottare per le barriere antirumore;
- micropali eseguiti con getto dell'intero palo in un'unica soluzione (**IGU**, injection globale inique).

Il metodo si avvale, per la capacità portante della relazione :

$$Q_{lim} = (Q_{ll} + Q_{pl}) * \eta$$

dove

$Q_{ll}$  : portata laterale limite:  $Q_{ll} = \pi * D_b * L_p * q_s$

con  $D_b$  = diametro reso del micropalo =  $\alpha D_s$ ;

$D_s$  = diametro di perforazione;

$L_p$  = lunghezza della zona iniettata;

$\alpha$  = coefficiente adimensionale che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno (vedi Tabella 1);

$q_s$  = portata laterale unitaria stabilita in funzione del valore  $N_{SPT}$  o  $p_L$ . È ricavabile tramite i grafici messi a punto dall' "École Nationale des Ponts et Chaussées" in base a numerose prove di carico a rottura (267) per vari tipi di terreno e per le due tecniche di realizzazione del micropalo. Tali grafici vengono riportati alle pagine seguenti nelle Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5.

$Q_{pl}$  : portata alla punta ultima. Dato l'alto rapporto esistente fra superficie laterale portante e superficie della punta del palo, normalmente, per i micropali, si considera un valore di portata alla punta pari al 15% della portata laterale.

$\eta$ : fattore di efficienza in termini di resistenza (si assume 0.8).

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Nell'applicazione di quanto prescritto dalle NTC 2008, ai fini della valutazione della resistenza di progetto  $R_d$ , da confrontarsi con il valore di progetto dell'azione  $E_d$ , si opera dividendo la resistenza caratteristica  $R_{c,k}$  per i coefficienti  $\gamma_R$  (che tengono conto della tipologia di palo) e per i coefficienti  $\xi$  (che tengono conto del numero di verticali indagate):

$$R_d = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R \cdot \xi}$$

La peculiarità del calcolo per un micropalo consiste nella scelta di  $D_s$  e nella determinazione di  $q_s$  e di  $L_p$ .

In ogni caso, visto che il tratto iniettato del micropalo raggiunge la superficie del terreno, si raccomanda che, per i **primi 5 metri**, esso venga considerato in ogni caso del **tipo IGU**.

La capacità portante verticale di progetto si calcolerà pertanto per integrazione dei valori di  $Q_D$  trovati per il tratto di tipo IGU e per quello di tipo IRS. Vista la scarsa consistenza dei primi 5m del terreno in sito, questi non verranno considerati nel calcolo.

Si riportano di seguito i diagrammi necessari per ricavare il valore di  $q_s$  in funzione del tipo di terreno e delle sue caratteristiche di resistenza e della tecnica di realizzazione del micropalo.

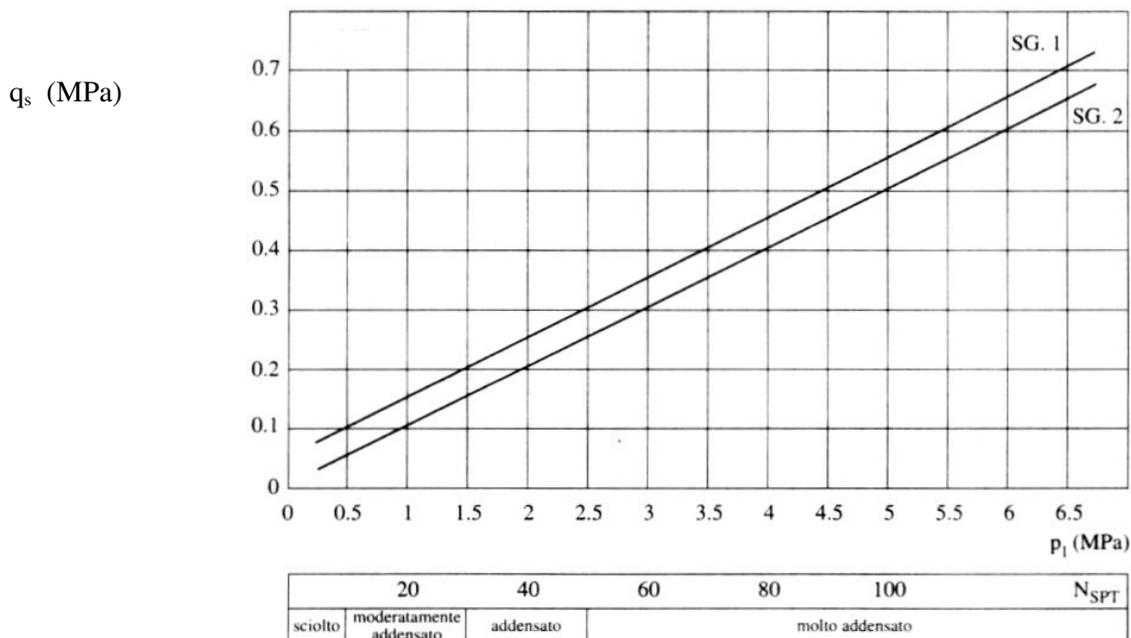


Figura 2: Abaco per il calcolo di  $q_s$  per sabbie e ghiaie.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

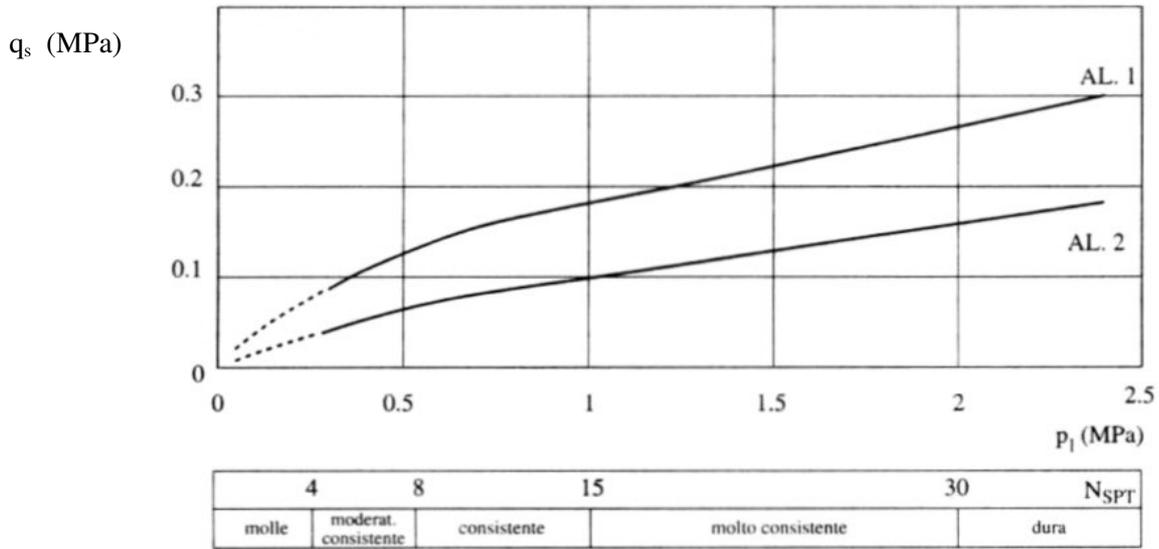


Figura 3: Abaco per il calcolo di  $q_s$  per argille e limi.

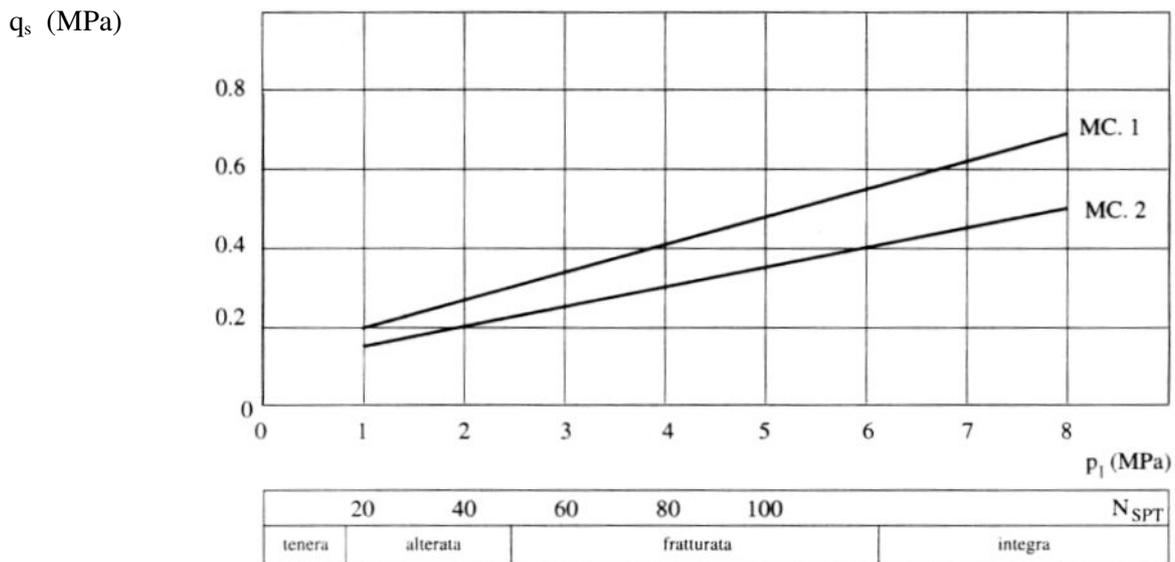


Figura 4: Abaco per il calcolo di  $q_s$  per gessi, marne e marne calcaree.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia				
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>				
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV.      FOGLIO C            102 di 120

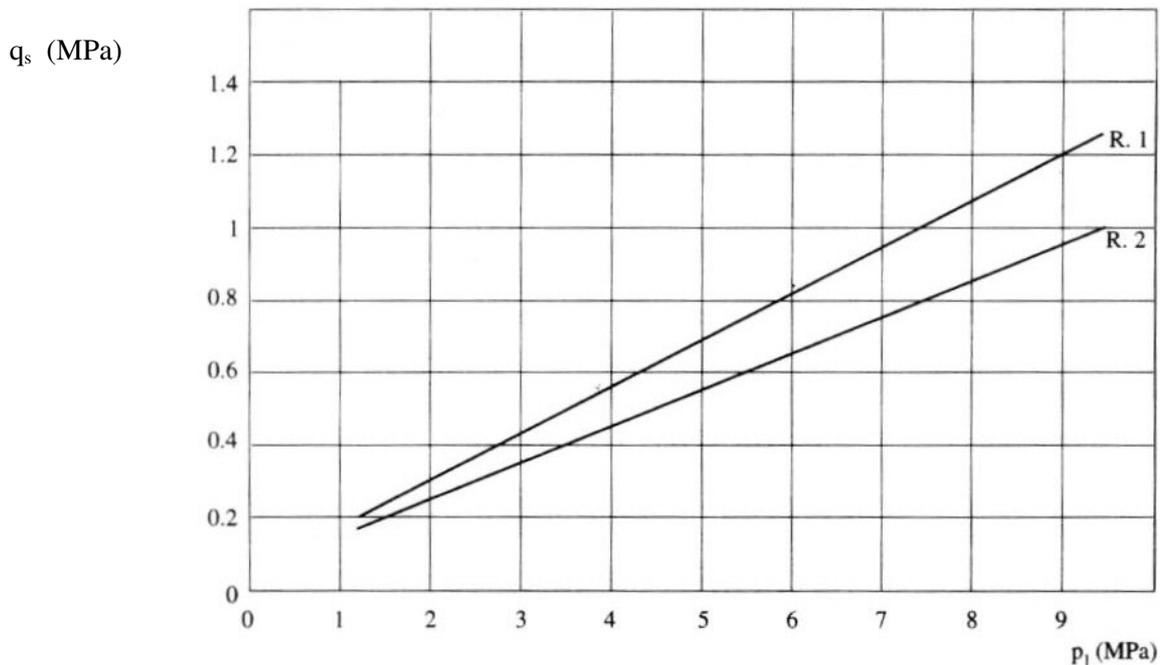


Figura 5: Abaco per il calcolo di  $q_s$  per rocce alterate e fratturate.

Terreno	Valori di $\alpha$		Quantità minima di miscela consigliata
	IRS	IGU	
Ghiaia	1,8	1,3 - 1,4	$1,5 V_s$
Ghiaia sabbiosa	1,6 - 1,8	1,2 - 1,4	$1,5 V_s$
Sabbia ghiaiosa	1,5 - 1,6	1,2 - 1,3	$1,5 V_s$
Sabbia grossa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia media	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia fine	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	$1,5 V_s$
Sabbia limosa	1,4 - 1,5	1,1 - 1,2	IRS: $(1,5 - 2)V_s$ ; IGU: $1,5 V_s$
Limo	1,4 - 1,6	1,1 - 1,2	IRS: $2V_s$ ; IGU: $1,5V_s$
Argilla	1,8 - 2,0	1,2	IRS: $(2,5 - 3)V_s$ ; IGU: $(1,5-2)V_s$
Marne	1,8	1,1 - 1,2	$(1,5 - 2)V_s$ per strati compatti
Calcarei marnosi	1,8	1,1 - 1,2	$(2 - 6)V_s$ o più per strati fratturati
Calcarei alterati o fratturati	1,8	1,1 - 1,2	
Roccia alterata e/o fratturata	1,2	1,1	$(1,1-1,5)V_s$ per strati poco fratturati $2V_s$ o più per strati fratturati

Tabella 1: Valori del coefficiente  $\alpha$ ;  $V_s = L_p \cdot \frac{\pi D_s^2}{4}$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Terreno	Tipo di iniezione	
	IRS	IGU
Da ghiaia a sabbia limosa	SG1	SG2
Limo e argilla	AL1	AL2
Marna, calcare marnoso, calcare tenero fratturato	MC1	MC2
Roccia alterata e/o fratturata	≥ R1	≥ R2

Tabella 2: indicazioni per la scelta del valore  $q_s$

I pali utilizzati saranno del tipo IGU nei primi 5m di profondità, IRS successivamente: utilizzando le tabelle appena esposte e riferendosi a sabbie e limi (curve SG1 ed SG2), si ottiene:

Tabella 3: stratigrafia del terreno di fondazione

Strato	da [m]	a [m]	gamma [kN/mc]	fi' [°]	Nspt [colpi]	qs,IGU [MPa]	qs,IRS [MPa]	nh [kN/mc]
1	0	2.5	19	30	20	0.11	0.16	10000
2	2.5	6.5	19	26	15	0.08	0.13	2500
3	6.5	11.5	19	30	20-27	0.11-0.14	0.16-0.19	7500
4	11.5	-	9	28	7-20	0.04-0.11	0.09-0.16	1500

I coefficienti  $\alpha$  adottati sono:

$$\alpha_{IGU} = 1.1$$

$$\alpha_{IRS} = 1.4$$

Per quanto riguarda le resistenza di calcolo si è scelto un fattore di correlazione pari a:

$$\xi = 1.70 \text{ (NTC Tab. 6.4.IV)}$$

I coefficienti parziali  $\gamma$ , invece, dipendono dalla combinazione di carico analizzata. Dalla tabella 6.4.II riportata nelle NTC, abbiamo che:

	R1	R2
$\gamma_R$ compressione	1	1.45
$\gamma_R$ trazione	1	1.60

Con questi coefficienti, è possibile calcolare la lunghezza minima del tratto IRS necessaria affinché sia rispettata la disuguaglianza  $R_d \geq E_d$  per ogni combinazione analizzata.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Rispetto ai valori di capacità portante ottenuta dal calcolo, il coefficiente di sicurezza viene calcolato con un fattore riduttivo di 0,8 (effetto di gruppo).

La lunghezza finale del palo sarà aumentata di 2m rispetto ai valori ottenuti nel calcolo, per tenere conto del ridotto stato di addensamento del terreno in prossimità della scarpata del rilevato stesso.

### Barriere H6.5

$L_{IGU} = 5 \text{ m}$

$L_{IRS} = 2 \text{ m}$

COMBINAZIONE	Ed	Qlimite	FS infissione
[-]	compressione [kN]	compressione [kN]	compressione
1	163	367.014	2.250
2	156	367.014	2.360
3	138	250.077	1.810

COMBINAZIONE	Ed	Qlimite	FS infissione
[-]	trazione [kN]	trazione [kN]	trazione
1	-97.38	337	3.465
2	-104.96	337	3.215
3	-87.60	215	2.449

Riportiamo il calcolo della capacità portante per la condizione C3:

### CAPACITA' PORTANTE ESTERNA

#### Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi * Ds_i * s_i * l_{s_i}$$

Tipo di Terreno	Spessore $l_{s_i}$	$\alpha$	$Ds_i = \alpha * D$	$s_i$ media	$s_i$ minima	$s_i$ calcolo	$Qs_i$	W [kN]	
	(m)	(-)	(m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN)		
1strato,IGU	2.50	1.10	0.28	0.110	0.110	0.045	96.38	3.71	
2 strato,IGU	2.50	1.10	0.28	0.080	0.080	0.032	70.10	3.71	
2 strato, IRS	2.00	1.40	0.35	0.130	0.130	0.053	115.98	4.81	
3 strato	0.00	1.40	0.35	0.190	0.160	0.065	0.00	0.00	
<b>Ls =</b>		<b>7.00</b>	<b>(m)</b>	<b>QI =</b>		<b>282.46</b>	<b>(kN)</b>	<b>W</b>	<b>12.23 [kN]</b>

#### Capacità portante di punta

$$Qp = \%Punta * QI \quad (\text{consigliato } 10\text{-}15\%)$$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

% Punta                      15%                       $Q_p =$                       42.37                      (kN)

### CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Q_{lim} = Q_b + Q_l$$

$$Q_{lim} = 312.60 \quad (kN)$$

Le lunghezze di calcolo vengono aumentate di 2m per tenere conto di uno scarso addensamento superficiale del terreno. Abbiamo quindi:

Barriere H6.5      **L = 9 m**

### 14.3 Verifica strutturale per azioni orizzontali

Si procede, a questo punto, alla verifica strutturale le micropalo e per valutarne lo stato di sollecitazione flessotagliante, si farà l'ipotesi di terreno alla Winkler e di palo con rotazione impedita in sommità.

Nell'ipotesi di  $k_h$  (coefficiente di reazione orizzontale del terreno) costante con la profondità, l'equazione differenziale che governa lo spostamento di un palo caricato lateralmente è:

$$E \cdot J \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} + k_h \cdot D_b \cdot y = 0$$

in cui:

**E** = modulo elastico longitudinale del cls ( $E_c = 31500$  MPa)

**J<sub>s</sub>** = inerzia del tubolare

**J<sub>c</sub>** = inerzia del calcestruzzo

**n** = 15 (coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)

**y** = spostamento orizzontale rispetto alla direzione verticale

**D<sub>b</sub>** = diametro reso del palo ( $\alpha \cdot D_s = 1,1 \cdot 250 = 275$  mm)

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia				
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>				
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. FOGLIO C 106 di 120

L'equazione si può anche scrivere nella forma:

$$\frac{d^4 y}{dz^4} + \lambda^4 y = 0$$

in cui  $\lambda = \sqrt[4]{\frac{4EJ}{k_h D_b}}$  = lunghezza caratteristica del micropalo

Il coefficiente di reazione orizzontale del terreno viene calcolato come:

$$k_h = c_g \cdot n_h \cdot \frac{z_m}{D_b}$$

dove:

$$c_g = 0.5 \quad \text{coefficiente riduttivo di gruppo}$$

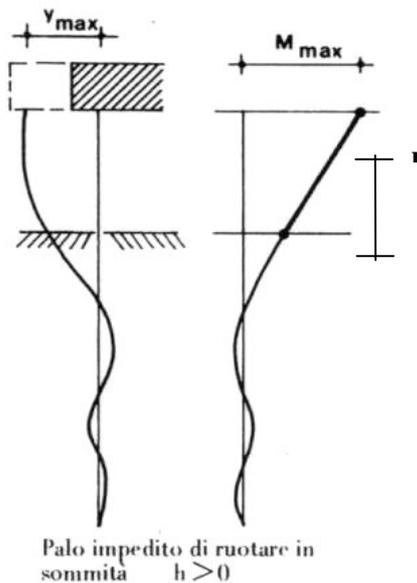
$n_h$  = media pesata dei valori dei singoli strati, riportati in Tabella 3

$z_m$  = profondità media del terreno reagente calcolata escludendo i primi 2 metri

Dalla risoluzione dell'equazione differenziale per un micropalo soggetto ad una forza orizzontale  $H = T$  applicata in testa e con rotazione nulla in sommità, il massimo valore del momento e del taglio agenti sul palo valgono:

$$M_{max} = 0.5 \cdot H \cdot (h + \lambda)$$

$$T_{max} = H$$



<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

Si assume uno strato di 2m di terreno non collaborante per tener conto del minore stato di addensamento del terreno in corrispondenza della scarpata del rilevato.

La forza orizzontale e quella verticale agenti in testa al palo sono determinate utilizzando la prima delle tre combinazioni di carico descritte e cioè Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1).

#### 14.3.1 Barriere H6.5

Lo sforzo massimo agente in testa al singolo micropalo risulta:

	Permanent i
<b>N (kN)</b>	163.13
<b>T (kN)</b>	13.67

Le caratteristiche geometriche della sezione trasversale del micropalo risultano:

**Ø168,3 x 6,3**

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 3206 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 1.053E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 125,184 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio  ▼

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 355 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio γ<sub>M</sub>: 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>lim</sub>): 338 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210,000 (N/mm<sup>2</sup>)

La lunghezza caratteristica del micropalo si calcola:

$nh = (2.5 \cdot 10000 + 4 \cdot 2500 + 0.5 \cdot 7500) / 7 = 5.5 \text{ MN/mc}$  (media pesata dei valori riscontrati negli strati interessati dai pali)

$zm = (7-2) / 2 + 2 = 4.5 \text{ m}$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 108 di 120

kh = 50 MN/m<sup>3</sup>

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot J_{\text{col}}}{k_h \cdot D_b}}$$

Ecls            31500 [MPa]  
 Jcls            191747598 [mm<sup>4</sup>]  
 Js               1.053E+07 [mm<sup>4</sup>]  
 Jtot            3.50E+08 [mm<sup>4</sup>]

l =            1.338 [m]

Momento Massimo (M):

M =            22.81 (kN m)

#### CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

N =            163.13 (kN)  
 T =            13.67 (kN)  
 M =            22.81 (kN m)

#### VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 355 (Fe 510)

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = T/A_{anima}$$

$\sigma_{\max} = 233.12 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\sigma_{\min} = -131.36 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$\tau = 8.53 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$\sigma_{id} = 233.58 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

Si utilizza acciaio S375 caratterizzato da una tensione di snervamento di progetto  $f_{yd} = 338 \text{ MPa}$ .

Poiché risulta  $\sigma_{id} = 234 \text{ MPa} < f_{yd} = 338 \text{ MPa}$  la verifica è soddisfatta.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

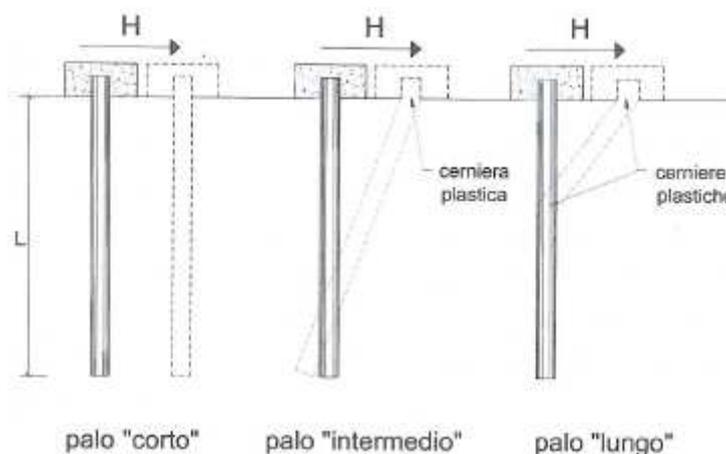
#### 14.4 Capacità portante orizzontale

La verifica a forze orizzontali viene eseguita secondo la teoria di Broms. Tale teoria considera le seguenti ipotesi semplificative:

- terreno omogeneo
- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente-plastico
- forma del palo è influente, interazione palo-terreno determinata solo dalla dimensione caratteristica  $\Phi$  della sezione del palo;
- il palo ha comportamento rigido-perfettamente plastico, il palo ha solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione  $M_y$ .

La rotazione della testa dei pali è impedita dal cordolo di fondazione.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi sono riportati in Figura 14-6 e sono indicati come “palo corto” (non si raggiunge il momento di plasticizzazione nel palo), “palo intermedio” (si raggiunge il momento di plasticizzazione nel palo all'attacco tra palo e cordolo), “palo lungo” (il momento di plasticizzazione viene raggiunto anche in una sezione intermedia del palo).



**Figura 14-6: Meccanismi di rottura del palo**

Le verifiche sono eseguite in condizioni drenate e si assume che la resistenza opposta alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità:

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 110 di 120

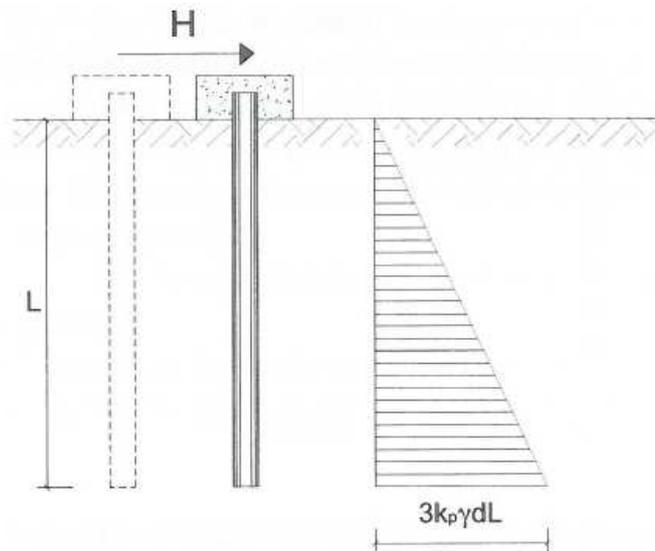
$$p = 3 \cdot k_p \cdot \gamma \cdot z \cdot d$$

Dove:

$k_p$  è il coefficiente di spinta passiva

$z$  è la profondità dal piano campagna

$\gamma$  è il peso per unità di volume del terreno.



**Figura 14-7: Andamento della resistenza alla traslazione del palo**

I valori di carico limite corrispondenti ai diversi meccanismi di rottura sono:

palo corto  $H = 1,5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$

palo intermedio  $H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$

palo lungo  $H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3,676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

#### 14.4.1 Verifiche barriere H6.5

Le verifiche verranno condotte sia nella combinazione A1+M1+R1, sia nella combinazione A2+M1+R1.

Di seguito si riporta la verifica nella combinazione A1+M1+R1:

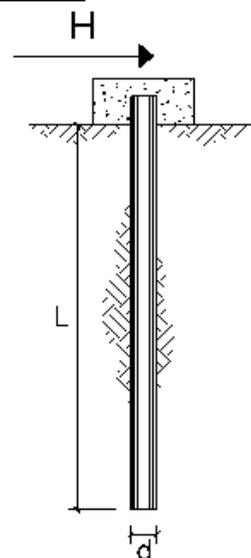
#### CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

**OPERA:** A1+M1+R1

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_a$	variabili $\gamma_b$	$\gamma_\psi$	$\gamma_r$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88			1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			●	1.00	1.00	1.00



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 112 di 120

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	7.00	(m)		
Diametro del palo	d =	0.25	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	53.80	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	30.00	(°)	$\varphi'_{min}$ =	26.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d}$ =	26.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1+\sin\varphi')/(1-\sin\varphi')$ )	$k_{p,med}$ =	3.00	(-)	$k_{p,min}$ =	2.56 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma$ =	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Carico Assiale Permanente (G):	G =	14	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

#### Palo corto:

$$H1_{med} = 1047.38 \quad (\text{kN}) \qquad H1_{min} = 894.13 \quad (\text{kN})$$

#### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 356.81 \quad (\text{kN}) \qquad H2_{min} = 305.73 \quad (\text{kN})$$

#### Palo lungo:

$$H3_{med} = 82.30 \quad (\text{kN}) \qquad H3_{min} = 78.07 \quad (\text{kN})$$

$$H_{med} = 82.30 \quad (\text{kN}) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 78.07 \quad (\text{kN}) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 45.92 \quad (\text{kN})$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 45.92 \quad (\text{kN})$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 14.00 \quad (\text{kN})$$

$$FS = H_d / F_d = 3.28$$

La verifica è soddisfatta.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 113 di 120

La verifica in combinazione A2+M1+R2 risulta:

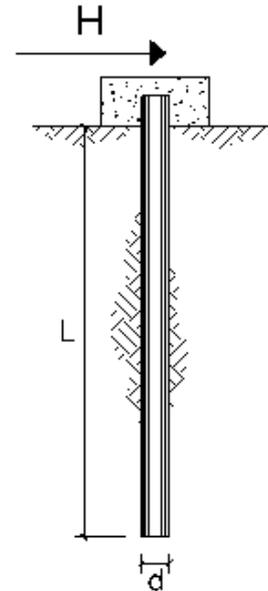
**CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI**  
**PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

**OPERA:** A2+M1+R2

**TEORIA DI BASE:**

(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti $\gamma_a$	variabili $\gamma_b$	$\gamma_e$	$\gamma_r$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		●	1.00	1.00	1.00	1.60



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

*Palo corto:* 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

*Palo intermedio:* 
$$H = \frac{1}{2}k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

*Palo lungo:* 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 114 di 120

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	7.00	(m)		
Diametro del palo	d =	0.25	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	53.80	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	30.00	(°)	$\varphi'_{min}$ =	26.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	30.00	(°)	$\varphi'_{min,d}$ =	26.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1 + \sin\varphi') / (1 - \sin\varphi')$ )	$k_{p,med}$ =	3.00	(-)	$k_{p,min}$ =	2.56 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma$ =	19.00	(kN/m <sup>3</sup> )		
Carico Assiale Permanente (G):	G =	14	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)		

### Palo corto:

$$H1_{med} = 1047.38 \quad (\text{kN}) \qquad H1_{min} = 894.13 \quad (\text{kN})$$

### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 356.81 \quad (\text{kN}) \qquad H2_{min} = 305.73 \quad (\text{kN})$$

### Palo lungo:

$$H3_{med} = 82.30 \quad (\text{kN}) \qquad H3_{min} = 78.07 \quad (\text{kN})$$

$$H_{med} = 82.30 \quad (\text{kN}) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 78.07 \quad (\text{kN}) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 45.92 \quad (\text{kN})$$

$$H_d = H_k / \gamma_T = 28.70 \quad (\text{kN})$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 14.00 \quad (\text{kN})$$

$$FS = H_d / F_d = 2.05$$

La verifica è soddisfatta.

<p><b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b></p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b></p>					
<p>RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI</p>	<p>COMMESSA <b>INOG</b></p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO RI 00 00 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 115 di 120</p>

## 14.5 Riepilogo

In definitiva, le dimensioni dei pali sono le seguenti:

### Barriera H6.5

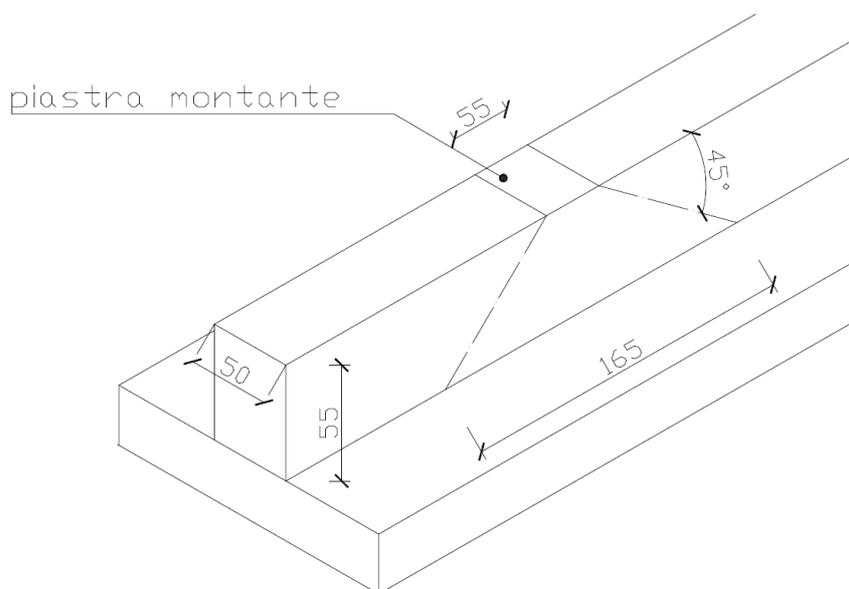
<b>D</b>	0.250	(m)
<b>L</b>	9.0	(m)
<b>Tubo</b>	ø168,3 x 6.3	
<b>Acciaio</b>	S 355 (Fe 510)	

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 15 VERIFICA DELLA TRAVE DI FONDAZIONE

La trave di fondazione è realizzata in c.a. gettato in opera ha una sezione a T rovescia, formata da una soletta inferiore di larghezza 1.2m e altezza 0.55m sormontata da un cordolo di altezza 0.55m e larghezza 0.5m.

Gli sforzi trasmessi dalla piastra del montante vengono diffusi dal cls con un'angolo di 45°, la sezione di verifica viene perciò ricavata come in Figura 8.



**Figura 8: diffusione degli sforzi nel cordolo**

Gli sforzi di verifica fattorizzati in combinazione A1 per la barriera H6.5, sono pari a:

$$M_{sd} = 1.3 \times 1.5 \text{ kN/mq} \times 3 \text{ m} \times 7.5 \text{ m}^2 / 2 = 165 \text{ kNm}$$

La sezione considerata, di dimensioni 165x50cm, armata con  $\Phi 14/20\text{cm}$  (8 in questa sezione), ha un momento resistente pari a:

$$M_{rd} = 209 \text{ kNm}$$

La sezione è verificata.

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia					
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C	FOGLIO 117 di 120

Prosez 2.11 - Calcolo di sezioni strutturali - Cordolo su micropali

**Dati generali**

Metodo di calcolo: Stato limite ultimo  
 Tens.caratt.snervamento acciaio [N/mm<sup>2</sup>]: 450.0  
 Resistenza caratteristica cls Rck [N/mm<sup>2</sup>]: 35.0

**Geometria della sezione**

Base della sezione [cm]: 165.0  
 Altezza della sezione [cm]: 50.0

**Armature della sezione**

Copriferro inferiore e superiore [cm]: 5.0 5.0  
 Armature inferiori e superiori [cm<sup>2</sup>]: 12.3 12.3

**Sollecitazioni di progetto**

Combinazione	N [kN]	Mx [kN-cm]	My [kN-cm]
1	0.00	0.00	0.00

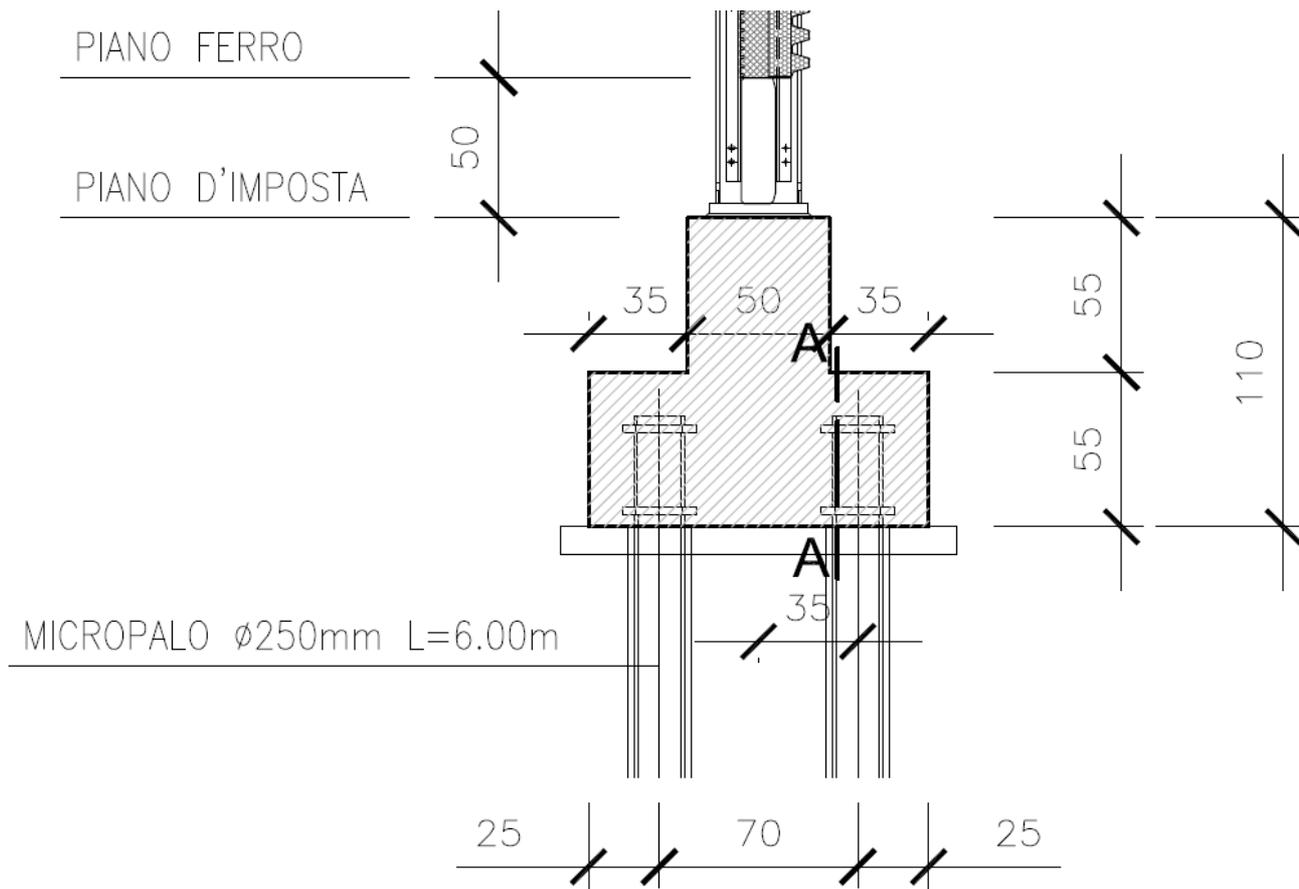
**Verifiche**

Comb.	$\lambda_{min}$	Nd [kN]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Nlim [kN]	$\mu_N$	Mxd [kN-cm]	Mmin [kN-cm]	Mmax [kN-cm]	$\mu_{Mx}$
1	180057	0.00	-964.17	13736.56	11294.46	9999.99	0.00	-20975.14	20975.14	9999.99

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

L'azione massima trasmessa dai micropali è pari a:

$$N_{max} = 163 \text{ kN}$$



Volendo verificare la mensola alla sezione A-A, si ha un braccio pari a:

$$b = 10 \text{ cm}$$

$$M_{sd} = 163 \text{ kN} \times 0.1 \text{ m} = 16.3 \text{ kNm}$$

Tale momento è inferiore a quello di calcolo per la sezione precedente, perciò la sezione si considera verificata.

La trave verrà armata quindi con staffe  $\Phi 14/20 \text{ cm}$  e ferri longitudinali  $\Phi 14/20 \text{ cm}$ , per un'incidenza totale di  $100 \text{ kg/mc}$ .

<b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b>	LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia <b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b>					
	RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI	COMMESSA <b>INOG</b>	LOTTO 00	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO RI 00 00 001	REV. C

## 16 CONCLUSIONI E CONFRONTI

Nel presente capitolo viene riportato il confronto, in termini di coefficienti di sicurezza nei riguardi della stabilità delle opere di fondazione, tra la soluzione con micropali che il PD adotta per tutte le barriere e la soluzione su mediopali  $\varnothing 600$  che il PE adotta per tutte le barriere ad esclusione delle BA16 e BA17.

Nella tabella a seguire sono riportati e messi a confronto i valori dei coefficienti di sicurezza della soluzione di PD (micropali) e quelli della soluzione di PE; i primi desunti dalla relazione di calcolo delle fondazioni del PD (IN4104D26CLRI0000001B) i secondi dalla presente Relazione di Calcolo.

Le verifiche messe a confronto sono:

- la verifica alla portanza orizzontale
- la verifica alla portanza verticale
- la verifica strutturale del palo o del micropalo

Altezza barriere	Soluzione del PD (micropali)			Soluzione del PE (pali $\varnothing 60$ )					
	portanza ai carichi orizzontali	portanza ai carichi verticali	Verifica strutturale micropalo	portanza a carichi orizzontali		portanza a carichi verticali		verifica strutturale (presso flessione)	
	coeff.	coeff.	coeff.	coeff.	pag.	coeff.	pag.	coeff.	pag.
H3	2.84	2.041	1,26	1,48	29	3,98	30	2,72	35
H4	3.15	1.885	1,52	1,64	43	2,08	44	2,84	49
H5	2.97	1.995	1,48	1,50	57	4,52	58	2,76	63
H6.5	3.28	1.810	1,44	1,51	71	4,39	72	2,81	78

Dalla tabella si evince chiaramente che i meccanismi di rottura rispetto a quali i coefficienti di sicurezza assumono valori minimi sono diversi per le due soluzioni: la verifica critica per i micropali è la verifica strutturale del micropalo, mentre la verifica critica della fondazione su mediopali, è quella relativa alla portanza orizzontale. Per entrambe le soluzioni i coefficienti di sicurezza sono sensibilmente superiori al minimo di norma.

Mettendo a confronto i coefficienti di sicurezza minimi per le due soluzioni, e quindi quelli relativi alla verifica strutturale per i micropali e quelli relativi alla verifica alla portanza orizzontale per i pali, si riscontra un aumento dei coefficienti di sicurezza minimi nel passare dalla soluzione di PD alla soluzione di PE.

<p><b>S.T.E. srl</b> <b>Italiana Sistemi srl</b></p>	<p>LINEA A.V./A.C. TORINO–VENEZIA Tratta MILANO–VERONA Lotto funzionale Treviglio-Brescia</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA INGRESSO URBANO</b> <b>DELL'INTERCONNESSIONE DI BRESCIA OVEST E NODO DI BRESCIA</b></p>					
<p>RELAZIONE DI CALCOLO FONDAZIONI</p>	<p>COMMESSA <b>INOG</b></p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA E ZZ CL</p>	<p>DOCUMENTO RI 00 00 001</p>	<p>REV. C</p>	<p>FOGLIO 120 di 120</p>

In definitiva la soluzione su mediopali del PE è caratterizzata da un margine di sicurezza maggiore nei riguardi della stabilità rispetto alla soluzione su micropali del PD.

A conclusione dei raffronti sopra riportati è opportuno evidenziare i due seguenti ulteriori aspetti:

- le altre verifiche strutturali dei pali di fondazione (taglio, torsione, ecc.), seppur riportate nella presente relazione, non sono state messe a confronto con le soluzioni di PD in quanto essendo caratterizzate da coeff. di sicurezza molto maggiori rispetto ai minimi di norma, non risultano significative.
- come esplicitato al Capitolo 6, le verifiche di cui alla presente Relazione sono state condotte assumendo una stratigrafia più conservativa rispetto a quella del PD, di conseguenza anche il confronto riportato in tabella risulta essere conservativo, nel senso che il calcolo di PE ripetuto con la stratigrafia di PD restituirebbe valori dei coeff. di sicurezza certamente maggiori rafforzando la conclusione per la quale la soluzione su pali del PE è caratterizzata da un maggior margine di sicurezza alla stabilità rispetto alla soluzione su micropali