

COMMITTENTE:



Aps Holding s.p.a.
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento del Comune di Padova

IL DIRETTORE FUNZIONALE
Dott. Ing. Diego Galiazzo

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Arch. Gaetano Panetta

PROGETTAZIONE: MANDATARIA



MANDANTE



MANDANTE



MANDANTE



ITALFERR S.p.A.

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA
NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3**

IMPIANTI LFM

Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione

IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
Dott. Ing. Luca Bernardini

SCALA:

-

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

NP00 00 D 18 CL LF0000 001 A




Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M.Casciato	Aprile 2020	M.Castellani	Aprile 2020	A.Peresso	Aprile 2020	G. Guidi Bufarini

ITALFERR S.p.A.
U.D. Tecnologie Centro
Ingegneria Bufarini
G. Guidi Bufarini
Via...
00187 Roma
Tel. 06/7812





	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	2 di 36

INDICE

1.	SCOPO	4
2.	DOCUMENTI DI PROGETTO	5
3.	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
4.	CALCOLO AZIONI SU PALINA LUCE.....	7
4.1	AZIONI VERTICALI	7
4.1.1	Massa delle apparecchiature di illuminazione	7
4.1.2	Massa degli attrezzaggi risalita alimentazioni	7
4.2	AZIONI ORIZZONTALI	7
4.2.1	Azione dovute al vento.....	7
4.2.2	Forze del vento sulle superfici cilindriche e sulle superfici piane CEI EN 50119	8
4.2.3	Forze del vento sui sostegni.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
4.3	AZIONE SISMICA	9
4.4	CARICHI TOTALI	14
4.4.1	Azione verticale risultante	14
4.4.2	Azione orizzontale risultante	14
4.4.3	Momento totale trasversale	14
5.	DESCRIZIONE DEI MATERIALI	15
5.1	OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO	15
6.	CRITERI DI VERIFICA DEI SOSTEGNI	18
6.1	VERIFICHE DI RESISTENZA DEL SOSTEGNO.....	18
6.2	VERIFICHE A TAGLIO	18
6.3	VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE RETTA (COMBINAZIONI STR-SISMA)	19
7.	CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI.....	20

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>3 di 36</p>

7.1	VERIFICHE DI PORTANZA DELLA FONDAZIONE	20
7.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE.....	21
7.3	CAPACITÀ PORTANTE FONDAZIONE (A1+M2+R2).....	22
7.4	VERIFICA A RIBALTAMENTO (A1 + M1 + R3).....	25
7.5	VERIFICA A SCORRIMENTO (A1+M1+R3)	27
8.	TABULATO DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLA PALINA LUCE L9.....	28
9.	TABULATO DI CALCOLO DELLE VERIFICHE STRUTTURALI SOSTEGNO	31
10.	TABULATO DI CALCOLO DELLE VERIFICHE STRUTTURALI BLOCCO DI FONDAZIONE	33
11.	CONCLUSIONI	36

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
<p style="text-align: center;">MANDANTE</p>  <p style="text-align: center;">ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p style="text-align: center;">MANDANTE</p>  <p style="text-align: center;">INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p style="text-align: center;">MANDANTE</p>  <p style="text-align: center;">PINI SWISS</p>						
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione			COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 4 di 36

1. SCOPO

La presente relazione ha lo scopo di verificare le paline PLxx lungo linea e i pali luce del parcheggio con i relativi blocchi di fondazione B0 utilizzati.

La geometria dei sostegni, la posizione dei carichi e la loro intensità sono stati dedotti dagli elaborati di progetto: sezioni tipologiche di linea.

Il calcolo dello sfruttamento dei sostegni e delle relative sospensioni è stato effettuato con opportune schede di calcolo con il metodo agli stati limite.





I calcoli delle azioni sono stati impostati, come per il calcolo dei pali della trazione elettrica, nel rispetto delle Norme CEI EN 50119:2010 e del D.M. del 17 Gennaio 2018.

In particolare, il calcolo viene eseguito per la seguenti condizioni (rif. par. 6.3.1 CEI EN 50119:2010):

- C.d.C. - A1: Temperatura minima di progetto -20°C, senza Vento e Ghiaccio;
- C.d.C. - A2: Temperatura ambiente di progetto +5°C, senza Vento e Ghiaccio;
- C.d.C. - B: Temperatura ambiente di progetto +5°C, con Vento, senza Ghiaccio;
- C.d.C. - C: Temperatura di progetto -5°C, senza Vento, con Ghiaccio;
- C.d.C. - D: Temperatura di progetto -5°C, con Vento al 50%, con Ghiaccio al 100%.

Le caratteristiche dei pali L infissi sono le seguenti:


PALINA LUCE TIPO L9									
Tipo	Lunghezza totale [m]	Infissione [m]	Profili	Spessore [mm]	Jx [cm⁴]	Wx [cm³]	Jy [cm⁴]	Wy [cm³]	Peso del palo [kg]
L9	9,0	0,80	2 piatti 200x4		429	85	721	72	140

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p> <p style="text-align: center;"> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> <p>MANDANTE</p> <p> SDAprogetti ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p> <p>MANDANTE</p> <p> ENTRECI INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p> <p>MANDANTE</p> <p> PINI SWISS</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>NP00</td> <td>00 D 18</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>5 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	5 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	5 di 36								

2. DOCUMENTI DI PROGETTO

I documenti di progetto costituenti riferimento per la presente relazione di calcolo sono di seguito elencati:

CODIFICA	TITOLO
A[1] NP0000D18WBLEF0000001A	Sezioni tipiche di linea

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> <p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p> <p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p> <p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NP00</td> <td>00 D 18</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>6 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	6 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	6 di 36								

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

La determinazione dei carichi, il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di resistenza vengono effettuati con i criteri della Scienza delle Costruzioni e con riferimento alle seguenti prescrizioni e norme:

- **D.M. del 17 Gennaio 2018:** Nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).
- **CEI EN 50125-2:** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Condizioni ambientali per le apparecchiature - Parte 2: Impianti elettrici fissi.
- **CEI EN 50119** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica.
- **UNI 7724** Materiale per linee aeree di contatto di ferrovie, tranvie e filovie. Pali tubolari di acciaio.
- **UNI EN 1990:2006** 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
- **UNI EN 1991-1-1:2004** 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
- **UNI EN 1991-2:2005** 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
- **UNI EN 1991-1-4:2005** 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- **UNI EN 1993-1-1:2005** 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- **UNI EN 1993-1-8:2005** 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
- **UNI EN 10088-2:2014** Acciai inossidabili - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi general
- **UNI EN 10088-3:2014** Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali.
- **UNI - EN 10025** Prodotti fini di acciaio non legato di base e di qualità limitati a caldo.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 7 di 36

4. CALCOLO AZIONI SU PALINA LUCE

4.1 AZIONI VERTICALI

4.1.1 Massa delle apparecchiature di illuminazione

La massa degli apparecchi illuminanti completo di cavi e accessori di aggancio da installare sul sostegno è pari a $P_{ill}=20daN$, applicato a 1,3m rispetto all'asse del sostegno.

4.1.2 Massa degli attrezzaggi risalita alimentazioni

La massa delle attrezzature per la realizzazione della risalita dei cavi è pari a circa $P_{att} = 10daN$.

4.2 AZIONI ORIZZONTALI

4.2.1 Azione dovute al vento

La pressione dinamica del vento q_k misurata in N/m^2 agente sugli elementi di linea aerea di contatto deve essere determinata mediante la seguente formula:

$$q_k = \frac{1}{2} G_q \times G_t \times \rho V_R^2$$




dove:

G_q è il fattore di risposta alle raffiche di vento così come definito nella ENV 1991-2-4:1995. Per le linee aeree di contatto di altezza pari a circa 10m, G_q deve essere 2,05;

G_t è il fattore caratteristico del terreno che tiene in considerazione la protezione delle linee. Per esempio, nelle trincee, negli attraversamenti delle città e delle foreste. Negli spazi aperti G_t deve essere 1,0; per i siti protetti i fattori G_t possono essere definiti nella specifica del cliente;

la velocità di riferimento V_R (assumendo come tempo di ritorno $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$) sarà, $V_R = V_b$
* $C_r = 25$ m/sec (essendo $V_b = 25$ m/sec la velocità di base per la regione Veneto come da NTC2018 paragrafo 3.3.1);

ρ è la densità dell'aria, pari a $1,225$ kg/m³ a 15°C e 600m di altitudine. La densità dell'aria per altri valori di temperatura ed altitudine può essere calcolata mediante l'equazione:

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>8 di 36</p>

$$\rho = 1,225 \times \left(\frac{288}{T} \right) \cdot e^{-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H}$$

dove T è la temperatura assoluta in °K e H è l'altitudine.

Considerando che la quota qslm di Padova è pari a 15 m il valore della densità dell'aria alle diverse temperature risulta:

ρ [T=-5°C]= 1.314 kg/m³ (VALORE MAGGIORE PRESO A RIFERIMENTO NEI CALCOLO, PER SICUREZZA);

ρ 1 [T=+5°C]= 1.266 kg/m³;

La pressione dinamica del vento massima sarà pertanto dato da:

$$q_k = 0,5 \times G_q \times G_t \times \rho \times V_R^2 = 841 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

4.2.2 Forze del vento sulle superfici cilindriche e sulle superfici piane CEI EN 50119

La forza del vento su una struttura è pari a:

$$Q_{W \text{ str}} = q_K \times G_{\text{str}} \times C_{\text{str}} \times A_{\text{str}}$$

dove:

q_k è la pressione dinamica del vento (calcolata come da punto precedente)



G_{str} è il fattore di risonanza strutturale di una struttura. Per le strutture autoportanti in acciaio e in calcestruzzo, tipicamente utilizzate per le linee aeree di contatto, G_{str} deve essere pari a 1,0. Altri valori possono essere utilizzati se determinati conformemente a norme e metodi approvati;

C_{str} è il coefficiente di resistenza dipendente dalla forma e dalla rugosità della superficie della struttura. Sono raccomandati i valori di tabella 13 della CEI EN 50119; mentre altri fattori possono essere fissati nella specifica dell'acquirente (dalla tabella 13 per le strutture tubolari in acciaio e calcestruzzo con sezione trasversale circolare si legge il valore 0,7 per le superfici dei sostegni è stato considera un coefficiente pari a 1,4, "Profili ad H");

A_{str} è l'area proiettata della struttura.

L'azione del vento su superfici cilindriche (pali e fili di contatto) sarà:

$$q_{\text{cil}} = q_k \times G_{\text{str}} \times C_{\text{str}} = 841 \times 1,0 \times 0,7 = 59 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> <p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p> <p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p> <p>MANDANTE</p> 	<p style="text-align: center;">PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NP00</td> <td>00 D 18</td> <td>CL</td> <td>LF0000 001</td> <td>A</td> <td>9 di 36</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	9 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	9 di 36								

L'azione del vento sulle superfici piane (accessori quali corpi illuminanti e risalite cavi) sarà:



$$q_{\text{piane}} = q_k * G_{\text{str}} * C_{\text{str}} = 841 * 1,0 * 1,4 = 118 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

4.3 AZIONE SISMICA

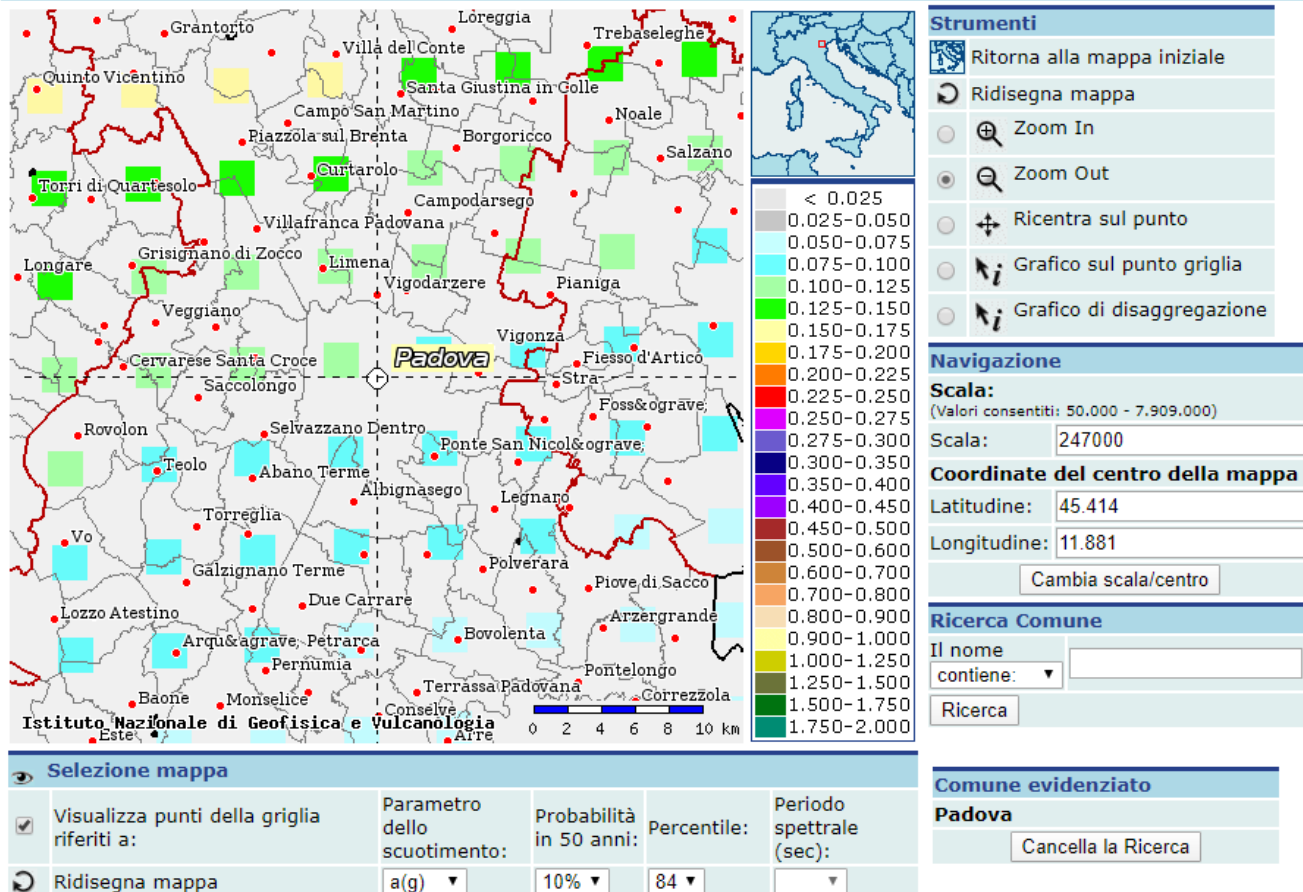
In accordo con quanto stabilito dal Decreto Ministeriale delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{Vr} , nel periodo di riferimento V_R . Ai fini progettuali la sismicità è stata definita in base alla mappa di pericolosità sismica.

Per quanto riguarda l'effetto del sisma sulle azioni trasmesse alle strutture si considera, a favore di sicurezza, una forza pari alle masse (pesi propri, attrezzature, filo di contatto, ghiaccio) applicata a 1/2 dell'altezza del sostegno e moltiplicate per l'accelerazione sismica (orizzontale e verticale che sono calcolate nella parte successiva).

Di seguito si riporta la mappa di pericolosità sismica della zona in questione.



<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>		<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>					
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>		<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>10 di 36</p>

Mappe interattive di pericolosità sismica



Di seguito si riportano i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno Stato Limite per ciascun comune interessato dalla tratta tramviaria.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,036	2,547	0,242
SLD	75	0,043	2,534	0,279
SLV	712	0,099	2,597	0,342
SLC	1462	0,126	2,594	0,355

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>MANDANTE</p>  <p>STUDIO INGEGNERIA S.p.A. INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA NP00</p>	<p>LOTTO 00 D 18</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO LF0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 11 di 36</p>

Definiti i parametri di pericolosità sismica della zona in questione si procede con la scelta della strategia di progettazione definendo la vita nominale dell'opera V_N e la classe d'uso dell'opera in questione C_U in modo da definire il periodo di riferimento V_R con cui valutare l'azione sismica.

Quindi:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Dove:

V_N è pari a 50 anni

C_U corrisponde alla terza classe.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione







LEGENDA GRAFICO

-----□----- Strategia per costruzioni ordinarie

-----■----- Strategia scelta

INTRO **FASE 1** **FASE 2** **FASE 3**

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>12 di 36</p>

La fase 3 consiste nella determinazione dell'azione di progetto, mediante la scelta opportuna dei seguenti parametri:

- *categoria di sottosuolo*: terreno tipo D
- *categoria topografica*: T1
- *regolarità in altezza*: sì
- *fattore di struttura* q_0 : 2.0

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV ▼ info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo D ▼ info $S_S =$ 1,800 $C_C =$ 2,137 ▼ info

Categoria topografica T1 ▼ info $h/H =$ 1,000 $S_T =$ 1,000 ▼ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) 5 $\eta =$ 1,000 ▼ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 2 Regol. in altezza sì ▼ info

Compon. verticale

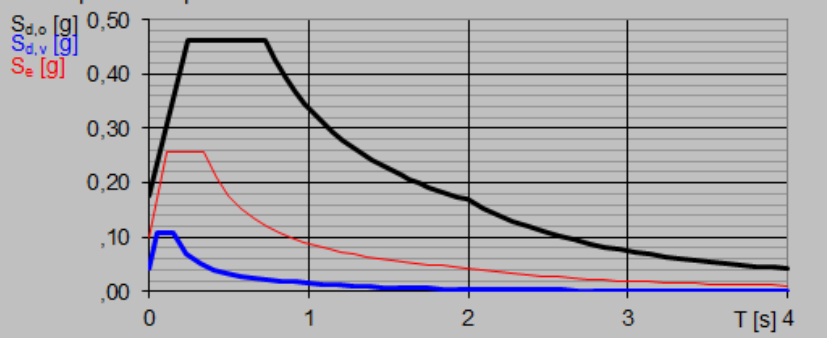
Spettro di progetto Fattore q 1 $\eta =$ 1,000 ▼ info

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta ▶▶▶





Parametri e punti spettri di risposta ▶▶▶

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>13 di 36</p>

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SI

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,099 g
F_0	2,597
T_C	0,342 s
S_S	1,800
C_C	2,137
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,800
η	1,000
T_B	0,244 s
T_C	0,731 s
T_D	1,995 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.3})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.4; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.6})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.5})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-18 Eq. 3.2.7})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-18 Eq. 3.2.2)

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

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



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

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

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-18 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,178
T_B	0,244	0,462
T_C	0,731	0,462
	0,791	0,426
	0,852	0,396
	0,912	0,370
	0,972	0,347
	1,032	0,327
	1,092	0,309
	1,152	0,293
	1,213	0,278
	1,273	0,265
	1,333	0,253
	1,393	0,242
	1,453	0,232
	1,514	0,223
	1,574	0,214
	1,634	0,207
	1,694	0,199
	1,754	0,192
	1,814	0,186
	1,875	0,180
	1,935	0,174
T_D	1,995	0,169
	2,090	0,154
	2,186	0,141
	2,281	0,129
	2,377	0,119
	2,472	0,110
	2,568	0,102
	2,663	0,095
	2,759	0,088
	2,854	0,083
	2,950	0,077
	3,045	0,073
	3,141	0,068
	3,236	0,064
	3,332	0,061
	3,427	0,057
	3,523	0,054
	3,618	0,051
	3,714	0,049
	3,809	0,046
	3,905	0,044
	4,000	0,042

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>14 di 36</p>

4.4 CARICHI TOTALI

4.4.1 Azione verticale risultante

L'azione risultante di tutte le azioni verticali T_{ver} si ottiene sommando le masse di tutti gli n conduttori, delle sospensioni, dei tiranti, della massa del palo e di tutte le altre azioni verticali agenti sul singolo palo.

$$T_{ver} = \sum \text{azioni_verticali}$$

4.4.2 Azione orizzontale risultante

L'azione risultante di tutte le azioni orizzontali T_{orr} si ottiene sommando le azioni dovute ai tiri e le azioni dovute al vento.

$$T_{orr} = \sum \text{azioni_orizzontali} + \sum \text{azioni_vento}$$

4.4.3 Momento totale trasversale

Il momento trasversale totale M_T è dato dalla somma dei momenti trasversali dovuti alle azioni verticali M_p , alle azioni trasversali M_H dei tiri e all'azione del vento M_w .

$$M_T = M_p + M_H + M_w$$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 15 di 36

5. DESCRIZIONE DEI MATERIALI

Per i materiali si farà riferimento al §6.4.6 delle CEI EN 50119 e al §11.3.4 delle NTC2018.

5.1 Opere in calcestruzzo armato

Per i calcestruzzi si fa riferimento alle normative UNI EN 206-1 (Specificazione, prestazione, produzione e conformità) e UNI 11104 (Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1).

- Struttura in fondazione

Classe di resistenza:	C25/30 (Rck300)
Classe di esposizione:	XC2
Resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica:	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione semplice:	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione per flessione:	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm} = 3.08 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%):	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%):	$f_{ctk} = 1.3 f_{ctm} = 3.33 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità longitudinale N/mm ²	$E_{cm} = 22.000 [f_{cm}/10]^{0.3} = 31476$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.1$
Coeff. espansione termica lineare	$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densità	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
Coefficiente sicurezza SLU	$\gamma_c = 1,50$
Resistenza di calcolo a compressione SLU	$f_{cd} = 0,85 f_{ck} / \gamma_c = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) SLU	$f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_c = 1.20 \text{ N/mm}^2$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 16 di 36

Coefficiente sicurezza SLE	$\gamma_c = 1,00$
combinazione rara	$\sigma_{c,ad} = 0,60 f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$
combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} = 0,45 f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

- Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo DM 14.01.2018 avente le seguenti caratteristiche:


Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 206000 \text{ N/mm}^2$
Rapporto	$1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$ (frattile 10%)
Rapporto	$(f_y/f_y, \text{nom})_k < 1,25$ (frattile 10%)
Allungamento	$(A_{gt})_k > 7,5\%$ (frattile 10%)

Coefficiente sicurezza SLU	$\gamma_s = 1,15$
Resistenza di calcolo SLU	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$
Tensione di calcolo SLE	$\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

Di seguito si riportano le caratteristiche degli acciai impiegati normalmente per i sostegni della trazione elettrica:

- Acciaio:

Modulo elastico	$E = 210.000$	N/mm^2
Modulo di elasticità trasversale	$G = E / [2 (1+\nu)]$	N/mm^2
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$	
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha_T = 12 \times 10^6$	$\text{per } ^\circ\text{C}^{-1}$

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO												
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NP00</td> <td style="text-align: center;">00 D 18</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">LF0000 001</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">17 di 36</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	17 di 36
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	17 di 36								

Densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Le qualità degli acciai impiegate per la costruzione dei pali CT sono le seguenti (designazione UNI EN 10025-2) per spessore nominale dell'elemento $\leq 40\text{mm}$:

S355J2H $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$ $f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$

dove:

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio

f_{tk} è la tensione caratteristica di rottura dell'acciaio

Per i fattori parziali di riduzione delle resistenze dei materiali si adotteranno i valori riportati nella tabella 2 (§ 6.4.3 CEI EN 50119):

Tipo struttura	γ_m
Resistenza delle sezioni trasversali sotto l'azione di forze di trazione e flessione	1,10
Resistenza degli elementi alla deformazione di compressione	1,10
Resistenza delle connessioni sotto l'azione di forze di taglio e portanti	1,25
Resistenza delle sezioni trasversali sulla base della sollecitazione ultima di trazione in condizioni di carico di trazione	1,25
Resistenza delle connessioni saldate	1,25
Resistenze dei bulloni in trazione	1,25
Funi metalliche sotto l'azione di forze di trazione	1,50

Le rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 18 di 36

6. CRITERI DI VERIFICA DEI SOSTEGNI

I sostegni della presente relazione sono verificati in accordo con le prescrizioni della NTC2018 in base ai seguenti criteri.

6.1 Verifiche di Resistenza del sostegno

Per ciascun stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove Ed è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni e Rd è il valore di progetto delle resistenze del sistema strutturale considerato.

6.2 Verifiche a Taglio

La verifica a taglio dei sostegni in oggetto della presente relazione viene eseguita in accordo al paragrafo 4.2.4.1.2.4 delle NTC 2018.

Occorre verificare che:

$$V_{Ed} < V_{c,Rd} \quad \text{La risultante delle azioni di taglio sia inferiore alla resistenza a taglio di calcolo.}$$

dove:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \times f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{ms}} \quad \text{Resistenza a taglio di calcolo (daN)}$$

$$A_v = A - 2btf + (tw + r)tf \quad \text{Area di Taglio per profilati a C (cm²)}$$

Dove:



b =larghezza delle ali;

tf =spessore delle ali;

tw =spessore dell'anima

E' possibile non considerare il contributo del taglio nella flessione se:

$$V_{Ed} < 0.5V_{c,Rd}$$

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>19 di 36</p>

6.3 Verifiche a Presso-Flessione Retta (Combinazioni STR-SISMA)

La verifica a presso-flessione biassiale (di resistenza) viene eseguita in accordo al paragrafo 4.2.4.1.2.8 delle NTC 2018.

Occorre, cautelativamente verificare che:

$$M_{x,Ed}/M_{N_{x,Ed}} + M_{y,Ed}/M_{N_{y,Ed}} \leq 1$$

La somma dei rapporti tra i momenti agenti nelle due direzioni di progetto e i momenti resistenti della sezione nelle due direzioni sia inferiore o uguale a 1.

In particolare:

1. Verifica di Resistenza			
descrizione	Simbolo	U.M.	ila/Rif. Normativo
Azione normale plastica di calcolo	$N_{pl,Rd}$	daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano x-x		daN	$0,25 \times N_{pl,Rd}$
limitazione piano x-x		daN	$0,5 h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
limitazione piano y-y		daN	$h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$
Verifica combinazione			
piano x-x			No contributo azione normale
piano y-y			No contributo azione normale
Rapporto	n		$N_{Ed} / N_{pl,Rd}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. X	$M_{N_{x,Rd}}$	daNm	$W_{pl,x} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	$M_{N_{y,Rd}}$	daNm	$W_{pl,y} f_{yk} / \gamma_{Ms}$
Verifica di resistenza		OK	$(M_{x,Ed} / M_{N_{x,Rd}}) + (M_{y,Ed} / M_{N_{y,Rd}}) \leq 1$

La verifica viene svolta considerando la combinazione di carico massima calcolata.

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 20 di 36

7. CRITERI DI VERIFICA FONDAZIONI

Le fondazioni oggetto della presente relazione sono verificate in accordo con le prescrizioni della NTC2018 in base ai seguenti criteri.

7.1 Verifiche di portanza della fondazione

Per ciascun stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove E_d è il valore di progetto delle azioni o dell'effetto delle azioni e R_d è il valore di progetto delle resistenze del sistema geotecnico considerato. Il valore di progetto delle azioni può essere espresso come:

$$E_d = E \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Ovvero:

$$E_d = \gamma_E E \left(F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Dove $\gamma_E = \gamma_F$, F_k è il valore caratteristico delle azioni, X_k è il valore caratteristico dei parametri del terreno.

Il valore di progetto delle resistenze del sistema geotecnico può essere espresso come:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left(\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto del terreno X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = \gamma_E E_k$. Nella formulazione delle resistenze R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulle resistenze del sistema. La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

 MANDATARIA ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
MANDANTE ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI	MANDANTE STUDIO ASSOCIATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA	MANDANTE PINI SWISS				
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	21 di 36

7.2 Verifiche agli Stati Limite

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza sono scelti nell'ambito di due approcci di analisi distinti e alternativi:

Approccio 1

Combinazione 1: (A1+M1+R1) – SLU (STR)

Combinazione 2: (A2+M2+R2) – SLU (GEO)

Approccio 2

Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Le verifiche vengono effettuate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I del D.M. 17/01/2018. In particolare di seguito vengono riportate le suddette tabelle.

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 1 – Coefficienti parziali Azioni

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	22 di 36

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 2 – Coefficienti parziali Parametri

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE		
	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Tabella 3– Coefficienti parziali Resistenze

7.3 Capacità Portante Fondazione (A1+M2+R2)


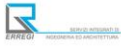
La verifica della capacità portante del terreno di fondazione è svolta in accordo con le NTC2018.

La verifica della capacità portante consiste nel confronto tra il carico verticale di esercizio in fondazione e il carico limite per il terreno. La stabilità della base della fondazione nei riguardi di un superamento della capacità portante viene assicurata applicando alla capacità portante ultima calcolata un fattore di sicurezza maggiore uguale a 2,3.

Per il calcolo della capacità portante si è adottato il metodo descritto in “Lancellotta- Geotecnica- Ed. Zanichelli .- 1993” basato sulle indicazioni teoriche di diversi autori (Terzaghi, Meyerof, Vesic e Brinch Hansen) che fornisce la seguente espressione generale per la valutazione della pressione limite di rottura del terreno:

$$q_{lim} = c' N_c D_c s_c + q_o' N_q D_q s_q + 0,5 \gamma A' N_\gamma D_\gamma s_\gamma$$

dove:

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>23 di 36</p>

- γ = Peso di volume efficace del terreno di fondazione;
- c', ϕ' = Parametri di resistenza al taglio del terreno di fondazione in condizioni drenante;
- A' = Dimensione efficace della fondazione, funzione dell'eccentricità dei carichi;
- q_0' = Pressione efficace litostatica verticale al livello del piano di posa della fondazione;
- N_g, N_c, N_γ = Fattori di capacità portante funzione della resistenza al taglio;
- S_g, S_c, S_γ = Fattori di forma dipendenti dal rapporto fra le dimensioni dell'impronta della fondazione;
- D_g, D_c, D_γ = Fattori di profondità funzione del rapporto fra l'approfondimento del piano di posa e le dimensioni reali della fondazione;

Altri simboli utilizzati nelle verifiche:




- B = dimensione reale della fondazione longitudinale al binario;
- A = dimensione reale della fondazione trasversale al binario;
- A_{ef} = $B' \times A'$ = area efficace della fondazione;
- e_T = eccentricità del carico rapporto tra momento flettente e carico verticale in direzione trasversale al binario;
- e_L = eccentricità del carico rapporto tra momento flettente e carico verticale in direzione longitudinale al binario;

La pressione ammissibile netta vale:

$$P_{amm} = (q_{lim} - q_0') / FS + q_0'$$

Le dimensioni efficaci della fondazione sono valutate tramite le seguenti espressioni (Meyeroff, 1953):

$$B' = B - 2e_T$$

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>24 di 36</p>

$$A' = A - 2e_L$$

Per il calcolo dei fattori di capacità portante N_q e N_c si farà riferimento alle espressioni ricavate da Prandtl (1921) e da Reissner (1924). Per il fattore N_γ si fa riferimento all'espressione proposta da Caquot e Kérisel (1953):

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

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

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

Per i coefficienti di forma si adottano le seguenti espressioni:

$$s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot (B'/A') \cdot K_p$$

$$K_p = (1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot (B'/A') \cdot K_p$$

$$s_q = s_\gamma$$

Per tener conto dell'approfondimento del piano di posa si adottano le seguenti espressioni:

$$d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot k$$

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

essendo:

$$k = (D_f / A) \quad \text{per } D_f / A \leq 1$$

$$k = \tan^{-1}(D_f / A) \quad \text{per } D_f / A > 1$$

La forza verticale limite vale:

$$F_{zlim} = q_{lim} \times A_{ef}$$

Il fattore di sicurezza della capacità portante può essere espresso come:

	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 25 di 36

$$FC = q_{LIM} / [(N_{Ed} + P_b) / A_{ef}]$$

Dove q_0 è la pressione litostatica verticale al livello del piano di posa della fondazione.

7.4 Verifica a Ribaltamento (A1 + M1 + R3)

La verifica è svolta secondo le prescrizioni della NTC 2018 e CEI EN 50119 par. 6.5.7, considerando la combinazione più gravosa.

Per fondazioni caricate mediante sollecitazioni trasversali e longitudinali rispetto al binario si avrà:

$$M_{rib,T} = M_T + (T_T \times (C+C1) + MS_{a,T} + c_x * MS_{i,BI}(\text{solo caso sismico})) \quad (\text{momento ribaltante trasversale})$$

$$M_{rib,L} = M_L + (T_L \times (C+C1) + MS_{a,L} + c_y * MS_{i,BI}(\text{solo caso sismico})) \quad (\text{momento ribaltante longitudinale})$$

$$M_{res,T} = [N_{ed} \times A_2 + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) \times 0.9 + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times A_2 \times 0.9 + M_{sp,T} [N_{ed} \times (A-A_2) + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) \times 0.9 + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times (A-A_2) \times 0.9 + M_{sp,T} * \text{ContrTerreno} \quad (\text{momento stabilizzante trasversale nel caso di Momento ribaltante totale positivo})$$

$$M_{res,T} = [N_{ed} \times A_2 + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times A_2 + M_{sp,T} [N_{ed} \times (A-A_2) + (A_x B_x C_x g_{cls})] \times (A/2) \times 0.9 + ((A_1 \times B_1 \times C_1 \times g_{cls})) \times (A-A_2) \times 0.9 + M_{sp,T} * \text{ContrTerreno} \quad (\text{momento stabilizzante trasversale nel caso di Momento ribaltante totale negativo})$$

$$M_{res,L} = (N_{Ed} + P_b + \gamma \times C_1 \times A \times B) \times B/2 + M_{sp,L} \quad (\text{momento stabilizzante longitudinale})$$

$$S_{p,T} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times B \quad (\text{da non considerare nel lato opposto al binario})$$




$$S_{p,T} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times B \times (1-k_v) \quad (\text{da non considerare nel lato opposto al binario nel caso sismico})$$

$$S_{p,L} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times A$$

$$S_{p,L} = \frac{1}{2} \times k_p \times \gamma \times (C+C1)^2 \times A \times (1+k_v) \quad (\text{nel caso sismico})$$

$$S_{i,BI} = P_{bl} \times K_h \quad (\text{nel caso sismico})$$

$$(K_p = (1 + \sin\phi') / (1 - \sin\phi')) \quad (\text{coefficiente di spinta passiva})$$

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>26 di 36</p>

$M_{sp,T} = (C+C1)/3 \times Sp,T$ (momento dovuto alla spinta passiva in direzione trasversale)

$M_{sp,L} = (C+C1)/3 \times Sp,L$ (momento dovuto alla spinta passiva in direzione longitudinale)

$M_{si,BL} = (C+C1)/2 \times Si,BI$ (momento dovuto alla massa inerziale nel caso sismico)

dove:

N_{Ed} = carico verticale totale agente alla base del blocco [kN]

P_b = peso del blocco di fondazione

A = lato inferiore fondazione direzione trasv. al binario [m]

B = lato inferiore fondazione direzione long. al binario [m]

C = Altezza lato opposto al binario del blocco di fondazione [m]

$A1$ = lato superiore fondazione direzione trasv. al binario [m]

$B1$ = lato superiore fondazione direzione long. al binario [m]

$C1$ = Differenza Altezza del blocco di fondazione- ($C_{tot}-C$) [m]

C_{tot} = Altezza totale lato binario del blocco di fondazione [m]

K_h = coefficiente sismico orizzontale

K_v = coefficiente sismico verticale

c_x = coefficiente amplificazione dei carichi sismici in direzione trasversale




c_y = coefficiente amplificazione dei carichi sismici in direzione longitudinale

T_T = azione di taglio trasversale agente nel punto di incastro del palo [kN]

T_L = azione di taglio longitudinale agente nel punto di incastro del palo [kN]

γ = peso di unità di volume del terreno di fondazione

ϕ' = angolo di attrito del terreno

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>27 di 36</p>

La verifica è soddisfatta se:

$$M_{rib,T} / (M_{res,T}) + M_{rib,L} / (M_{res,L}) \leq 1 \text{ (formula 15 della CEI EN 50119)}$$

7.5 Verifica a Scorrimento (A1+M1+R3)

Per la verifica a scorrimento del blocco lungo il piano di fondazione deve risultare, che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa, che tendono a fare scorrere la fondazione, deve essere minore di tutte le forze parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. In particolare, la Normativa, richiede che il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scorrimento F_R e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s sia:





$$F_R / F_s \geq R_3 = 1,1 \text{ per l'approccio 2}$$

Con F_s , somma delle componenti della spinta parallela al piano di posa (taglio massimo), e con F_R , la forza resistente.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione, N_{Ed} e P_b sono rispettivamente il carico totale di calcolo agente sul blocco e il peso del blocco stesso, indicando con " δ " l'angolo d'attrito fondazione si avrà:

$$F_r = (N_{Ed} + P_b) \times \tan \delta$$





Si assume un valore di " δ " pari a 2/3 dell'angolo d'attrito del terreno.

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p> 						
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>			<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>28 di 36</p>



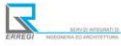

8. TABULATO DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DELLA PALINA LUCE L9

Nel seguente capitolo sono riportate i tabulati delle azioni alla base della palina luce L9 che saranno utilizzate per le verifiche strutturali del sostegno e della relativa fondazione tipo B0.




SCHEMA Palina luce L9								
DATI INPUT	DESCRIZIONE	VALORE					UNITA' di MISURA	FORMULA / NOTE
d1	dimensione massima palo	0,200					m	
Hpalo	Altezza palo	8,00					m	
Area palo	Area palo esposta al vento	1,60					m ²	
qcil	carico vento su superfici cilindriche	59,00					daN/m ²	vedi capitolo relativo (nel caso D si considera il 50% del valore)
qpiane	carico vento su superfici piane (pali ed accessori)	118,00					daN/m ²	vedi capitolo relativo (nel caso D si considera il 50% del valore)
P _{palo}	Peso palo L	140,00					daN	
Aatt	Area attrezzature risalita alimentazione + mensole tirante						m ²	
Patt	Peso attrezzaggi risalita cavi su corpo illuminante	5,00					daN	
Aill	Area sbraccio e corpo illuminante	0,16					m ²	
Pill	Peso sbraccio e corpo illuminante	20,00					daN	
Hill	Altezza Corpo illuminante da piano ferro	9,40					m	
Lill	Disassamento baricentro sbraccio e corpo illuminante asse palo	1,30					m	
CASO DI CARICO A - B - C - D								
CARICHI VERTICALI								
Simbolo	Descrizione	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	Formula
				V + G	G	V(50%)+G		

<p style="text-align: center;">MANDATARIA</p>  <p style="text-align: center;">GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>		PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO						
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>						
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione			COMMESSA NP00	LOTTO 00 D 18	CODIFICA CL	DOCUMENTO LF0000 001	REV. A	FOGLIO 29 di 36

		Temperatura ambiente di progetto -20°C, senza Vento e Ghiaccio;	Temperatura ambiente di progetto +5°C, senza Vento e Ghiaccio;	Temperatura ambiente di progetto +5°C, con Vento, senza Ghiaccio;	Temperatura di progetto -5°C, senza Vento, con Ghiaccio;	Temperatura di progetto -5°C, con Vento al 50%, con Ghiaccio al 100%.	-	-
F _{z,palo}	Azione verticale sostegno	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	daN	P _{palo}
F _{z,attrezzaggi}	Azione verticali attrezzaggi su palo	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	daN	P _{att}
F _{z,ill}	Azione verticale corpo illuminante	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	daN	P _{ill} x 2
F _{z,tot}	Azione verticale totale	165,00	165,00	165,00	165,00	165,00	daN	
CARICHI ORIZZONTALI TRASVERSALI VENTO+X								
Simbolo	Descrizione	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	Formula
Will	Azione vento corpo illuminante	0,00	0,00	18,88	0,00	9,44	daN	A _{ill} x q _{piane}
W _{palo}	Azione del vento sul sostegno (totale)	0,00	0,00	188,80	0,00	94,40	daN	q _{cil} x Area Palo
F _{T,tot}	Azione trasversale totale	0,00	0,00	207,68	0,00	103,84	daN	
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI VERTICALI								
Simbolo	Descrizione	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	Formula
M _{Fz,ill1}	Momento dovuto al peso del corpo illuminante 1	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	daNm	F _{z,ill} x L _{ill}
M _{Fz,ill2}	Momento dovuto al peso del corpo illuminante 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	daNm	F _{z,ill} x L _{ill}
M _{Fz,tot}	Momento trasversale azioni verticali totale	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	daNm	
MOMENTI TRASVERSALI DOVUTI AI CARICHI ORIZZONTALI E VENTO +X								
Simbolo	Descrizione	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	Formula
M _{WT,palo}	Momento dovuto all'azione del vento sul palo	0,00	0,00	755,20	0,00	377,60	daNm	W _{palo} x H _{palo} /2
M _{wT,ill}	Momento dovuto all'azione del vento sul corpo illuminante	0,00	0,00	177,47	0,00	88,74	daNm	W _{att} x H _{ill}
M _{T,tot}	Momento trasversale azioni orizzontali totale	0,00	0,00	932,67	0,00	466,34	daNm	
CARICHI SISMICI per lo stato limite SLV								
N _{sisma}	Carico normale totale alla base del palo per le masse sismiche	18,15	18,15	18,15	18,15	18,15	daN	

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>							
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>						
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>			<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>30 di 36</p>



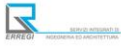

Tsisma	Taglio totale alla base del palo per le masse sismiche	75,90	75,90	75,90	75,90	75,90	daN	
Msisma	Momento totale alla base del palo per le masse sismiche	303,60	303,60	303,60	303,60	303,60	daNm	$S_d[g] \times F_{z,tot} \times H_{palo}/2$
CARICHI ALLA BASE - SENZA SISMA (Coef. parziali per le azioni 1,5)								
Simbolo	Formula	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	
N1	+Fztot x 1,5	248	248	248	248	248	daN	
T1	+Fttot x 1,5	0	0	312	0	156	daN	
M1	+(MFz,tot + MT,tot) x 1,5	39	39	1438	39	739	daNm	
CARICHI ALLA BASE - CON SISMA								
Simbolo	NOTE	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	
N2		18	18	18	18	18	daN	
T2		76	76	76	76	76	daN	
M2		304	304	304	304	304	daNm	
CARICHI ALLA BASE TOTALI - CASO DI CARICO								
Simbolo	Formula	Caso A1	Caso A2	Caso B	Caso C	Caso D	U.M.	
N		266	266	266	266	266	daN	
T		76	76	387	76	232	daN	
M		343	343	1742	343	1042	daNm	

 MANDANTE  MANDANTE 	PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO
Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO NP00 00 D 18 CL LF0000 001 A 31 di 36

9. TABULATO DI CALCOLO DELLE VERIFICHE STRUTTURALI SOSTEGNO



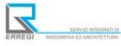

Nel seguente capitolo sono riportate i tabulati di calcolo delle verifiche strutturali del sostegno.

Verifiche palina luce L9								
Caratteristiche sezione								
Simbolo	descrizione	Valore	U.M.					
A	Area della sezione	19,84	cm ²					
W _{elz}	Modulo elastico dir. Z	72,00	cm ³					
W _{ely}	Modulo elastico dir. Y	85,00	cm ³					
J _z	Momento inerzia dir. Z	429,00	cm ⁴					
J _y	Momento inerzia dir. Y	721,00	cm ⁴					
W _{plz}	Modulo plastico dir. Z	72,00	cm ³					
W _{ply}	Modulo plastico dir. Y	85,00	cm ³					
I _w	Costante di warping	429,00	cm ⁶					
h _r	Altezza ali	20,00	cm					
t _f	spessoreali	0,40	cm					
h _w	Altezza anima	10,00	cm					
t _w	spessore anima	0,40	cm					
r	Raggio di curvatura	0,40	cm					
A _v	Area di taglio della sezione palo	16,00	cm ²					
h _{ft}	Altezza palo fuori terra	8,00	m					
Materiali								
	Qualità acciaio	S355JR						
E	Modulo elastico	210000,00	N/mm ²					
G	Modulo di taglio	80769,23	N/mm ²					
ν	Coefficiente di Poisson	0,30						
ρ	Densità	7850,00	kg/m ³					
f _{yk}	Tensione di snervamento caratt.	355,00	N/mm ²					
f _{uk}	Tensione di rottura caratt.	510,00	N/mm ²					
γ _{ms}	coeff. Di sicurezza	1,05						
f _{yd}	Tensione di snervamento di calc.	338,10	N/mm ²					
f _{ud}	Tensione di rottura di calc.	485,71	N/mm ²					
Carichi alla base del palo								
Simbolo	descrizione	Valore	U.M.					

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>							
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>						
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>			<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>32 di 36</p>

$N_{ed,parz.}$	Valore di calcolo azione verticale parziale	125,65	daN					
P_{palo}	Peso del palo	140,00	daN					
N_{ed}	Valore di calcolo azione verticale tot.	265,65	daN					
$V_{ed,z}$	Azione orizzontale dir. Z	387,42	daN					
$V_{ed,y}$	Azione orizzontale dir. Y	0,00	daN					
$M_{ed,z}$	Momento flettente dir. Z	1741,61	daNm					
$M_{ed,y}$	Momento flettente dir. Y	0,00	daNm					





Verifica di Resistenza palo								
Simbolo	descrizione	Valore	U.M.	FORMULA				
$N_{pl,Rd}$	Azione normale plastica di calcolo	67078,10	daN	$A f_{yk} / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$				
	limitazione piano y-y	16769,52	daN	$0,25 \times N_{pl,Rd}$				
	limitazione piano y-y	13523,81	daN	$0,5 h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$				
	limitazione piano z-z	27047,62	daN	$h w t w f y / \gamma_{Ms} \times 10^{-1}$				
	piano y-y	NO CONTRIBUTO AZIONE NORMALE						
	piano z-z	NO CONTRIBUTO AZIONE NORMALE						
n	Rapporto	0,00		$N_{ed} / N_{pl,Rd}$				
$M_{N,y,Rd}$	Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Y	2873,81	daNm	$W_{pl,y} \times f_{yk} / \gamma_{Ms}$				
$M_{N,z,Rd}$	Momento ridotto del contr. Sforzo normale dir. Z	2434,29	daNm	$W_{pl,z} \times f_{yk} / \gamma_{Ms}$				
	Verifica di resistenza	0,72	OK					
$V_{c,Rd}$	Taglio resistente di calcolo	31231,90	daN					
	Verifica	$V_{ed} < 50\% V_{c,Rd}$			NON CONSIDERARE CONTRIBUTO TAGLIO			

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	<p>COMMESSA NP00</p>	<p>LOTTO 00 D 18</p>	<p>CODIFICA CL</p>	<p>DOCUMENTO LF0000 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 33 di 36</p>



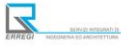

10. TABULATO DI CALCOLO DELLE VERIFICHE STRUTTURALI BLOCCO DI FONDAZIONE

Nel seguente capitolo sono riportate i tabulati di calcolo delle verifiche del blocco di fondazione.

VERIFICA BLOCCO DI FONDAZIONE B0 per palina L9 (Combinazione più gravosa)			
<i>Materiali</i>			
Calcestruzzo armato			
<i>Descrizione</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula</i>
<i>fck</i>	25,00	-	-
<i>γc</i>	1,50	-	-
<i>acpl e actpl per cls non armato</i>	1,00	-	Armato valore 1,0
Resistenza a compressione (fcd)	16,67	[Mpa]	$acpl fck / \gamma_c$
<i>(fctk,0.05)frattile 5%</i>	1,80	[Mpa]	$0,7(0,3 fck^{(2/3)})$
Modulo elastico (Ecm)	30	[Gpa]	
Resistenza a trazione (fctd)	1,197	[Mpa]	$actpl fctk / \gamma_c$
μ per fcd<50MPa	1,00		
Resistenza a sforzo Normale (Nrd)	28167	KN	μ fcd a b
Resistenza a taglio (Nrd)			
Peso specifico (γcls)	25,00	[kN/m ³]	
Resistenza a taglio e compressione di progetto (fcvd)	1,20	[Mpa]	$radq(fctd^2 + \sigma_{cp} fctd)$
Terreno			
<i>Descrizione</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula</i>
Peso specifico (γ) M1/M2	18	[kN/m ³]	
Angolo di attrito (φ') M1	28	[°]	
Angolo di attrito (φ') M1	0,489	rad	
Coesione drenata (c')	0	[kN/m ²]	
Dimensioni blocco di fondazione			
<i>Descrizione</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula</i>
Lato (a)	130	[cm]	Lato trasv. binario
Lato (b)	130	[cm]	Lato long. binario
Altezza (c)	100	[cm]	altezza
Lato baggiolo (a1)	0	[cm]	Lato trasv. binario
Lato baggiolo (b1)	0	[cm]	Lato long. binario
Altezza baggiolo (c1)	0	[cm]	altezza

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>STUDIO INGEGNERIA INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	34 di 36

Hc1 profondità interrimento lato binario	100	[cm]	
Hc2 profondità interrimento lato esterno ferrovia	100	[cm]	
Area di base	1,69	[m ²]	axb
Volume	1,69	[m ³]	axbxc+a'xbx'c'
Peso (Pb)	42,3	[kN]	$\gamma_{cls}xV$
Modulo di resistenza (Wx)	0,366	[m ³]	axb ² /6
Modulo di resistenza (Wy)	0,366	[m ³]	a ² xb/6
Eccentricità carico (Eccx)	0	[cm]	
A2 (distanza asse palo / filo blocco di fondazione)	65	[cm]	A/2-Eccx
Carichi (condizioni statiche più gravose)			
<i>Descrizione</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula</i>
Azione verticale (N)	1,80	[kN]	
Momento trasversale (M _T)	17,40	[kNm]	
Taglio trasversale (T _T)	3,90	[kN]	
Momento longitudinale (M _L)	0,00	[kNm]	
Taglio longitudinale (T _L)	0,00	[kN]	
VERIFICHE GEOTECNICHE			
1. Verifica a Ribaltamento (A1+M1+R3) - NTC2018 + CEI EN 50119			
<i>Descrizione</i>			<i>Formula</i>
Momento ribaltante di calcolo direzione trasversale (M _{rib,T})	22,71	[kNm]	$M_T + (T_T \times (C1+C)) + MSa,T$
Coefficiente spinta passiva (Kp)	2,77		$[(1+\text{sen}(\phi'))/(1-\text{sen}(\phi'))]$
Coefficiente spinta attiva (Ka = 1 / Kp)	0,36		
Spinta attiva del terreno direzione trasversale (Sa,T)	4,22	[kN]	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times B / k_p$
Spinta passiva del terreno direzione trasversale (Sp,T) [per sicurezza si considera il 50%]	16,20	[kN]	$(1/2k_p \times \gamma_d \times C^2 \times B) \times 0,5$
Momento resistente del terreno (M _{sp,T})	5,40	[kNm]	$(Sp,T \times Hc1/3)$
Momento ribaltante del terreno (M _{sa,T}) spinta attiva	1,41	[kNm]	$(Sa,T \times Hc1/3)$
Momento stabilizzante (M _{st})	34,03	[kNm]	$[Ned \times A2] + (AxBxCx\gamma_{cls}) \times (A/2) + ((A1xB1xC1x\gamma_{cls})) \times A2 + M_{sp,T}$
VERIFICA AL RIBALTAMENTO (trasversale)	1,50		M _{st} , T / M _{rib} , T
> 1,15		VERIFICATO	
Momento ribaltante di calcolo direzione longitudinale	1,41		$M_L + (T_L \times (C1+C)) + MSa,L$
Coefficiente spinta passiva (Kp)	2,77		$[(1+\text{sen}(\phi'))/(1-\text{sen}(\phi'))]$
Coefficiente spinta attiva (Ka = 1 / Kp)	0,36		$[(1-\text{sen}(\phi'))/(1+\text{sen}(\phi'))]$
Spinta attiva del terreno direzione long. (Sa,L)	4,22	[kN]	$1/2 \times \gamma_d \times C^2 \times A / k_p$
Spinta passiva del terreno direzione long. (Sp,L)	32,41	[kN]	$1/2k_p \times \gamma_d \times C^2 \times A$
Momento resistente del terreno (M _{sp,L})	10,80	[kNm]	$(Sp,L \times Hc1/3)$
Momento ribaltante del terreno (M _{sa,L}) spinta attiva	1,41	[kNm]	$(Sa,L \times Hc1/3)$
Momento stabilizzante (M _{st})	39,43	[kNm]	$[(N+(Pb)) \times (b/2) + M_{sp,L}]$
VERIFICA AL RIBALTAMENTO (longitudinale)	28,01		M _{st} , L / M _{rib} , L
> 1,15		VERIFICATO	

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>							
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>ENTRETI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>PINI SWISS</p>						
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>			<p>COMMESSA</p> <p>NP00</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 18</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>LF0000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>35 di 36</p>

2. Verifica a Scorrimento (Approccio 2 A1+M1+R3) - NTC2018			
<i>Descrizione</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula</i>
Coefficiente di attrito fondazione - terreno	19		$2/3\phi' = \delta$
coefficiente di attrito fondazione terreno di progetto (at)	0,338		$\tan\delta$
Azione di progetto (Fs)	3,9	[kN]	$T_T + T_L$
Forza resistente (Fr)	14,9	[kN]	$(N+Pb) * at$
Verifica	3,82		$(Fr/Fs) > 1,1$
	>1,1 VERIFICATO		
3. Carico Limite del terreno (Approccio 1 A2+M2+R2) - NTC2018			
<i>Descrizione</i>	<i>Valore</i>	<i>U.M.</i>	<i>Formula</i>
Azione verticale di calcolo (N _{ED})	2,70	[kN]	$1,5 \times N$
Azione di taglio in direzione trasversale (T _T)	3,90	[kNm]	-
Momento flettente trasversale (M _T)	17,40	[kN]	-
Azione di taglio in direzione longitudinale (T _L)	0,00	[kNm]	-
Momento flettente longitudinale (M _L)	0,00	[kN]	-
Momento ribaltante (M _{rib,T})	24,12	[kNm]	$M_T + [T_T \times (C+C1)] + M_{sa,T}$
Momento ribaltante (M _{rib,L})	5,63	[kNm]	$M_L + [T_L \times (C+C1)] + M_{sa,L}$
Coefficiente spinta passiva (K _p)	2,20		$[(1+\sin(\phi')/1,25)/(1-\sin(\phi')/1,25)]$
Coefficiente spinta attiva (K _a = 1/ K _p)	0,45		
Momento resistente dovuto al contributo del terreno T	4,30	[kNm]	$(\gamma_{2d} \times k_p \times (B \times C^3/6))^*0,5$
Momento resistente dovuto al contributo del terreno L	4,30	[kNm]	$(\gamma_{2d} \times k_p \times (A \times C^3/6))^*0,5$
eccentricità in direzione trasversale (e _T)	0,44	[m]	$(M_{Ttot} - M_t + N_{ed} \times ecc_x) / [P_b + N_{ed}]$
eccentricità in direzione longitudinale (e _L)	0,029729783	[m]	$(M_{Ltot} - M_l) / [P_b + N_{ed}]$
Base equivalente (B')	1,240540434	[m]	$B - 2e_L$
Base equivalente (A')	0,42	[m]	$A - 2e_T$
Fattore di capacità portante (N _q)	8,15		$\tan^2(\pi/4 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi' / 1,25}$
Fattore di capacità portante (N _c)	17,34		$(N_q - 1) / \tan \phi' / 1,25$
Fattore di capacità portante (N _γ)	7,54		$2 \times (N_q + 1) \times \tan \phi' / 1,25$
Fattore di forma (s _c)	2,31		$1 + 0,2 \times (B'/A') \times K_p$
Fattore di forma (s _q)	1,65		$1 + 0,1 \times (B'/A') \times K_p$
Fattore di forma (s _γ)	1,65		s _q
Fattore di affondamento (d _c)	1,56		$d_q - (1 - d_q) / (N_c \times \tan \phi' / 1,25)$
Fattore di affondamento (d _q)	1,50		$1 + 2 \times \tan \phi' / 1,25 \times (1 - \sin \phi' / 1,25)^2 \times 1 / \tan(Df/A')$
Fattore di affondamento (d _γ)	1,00		

<p>MANDATARIA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA DELLA NUOVA LINEA TRAMVIARIA NELLA CITTÀ DI PADOVA SIR 3 PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>MANDANTE</p>  <p>ASSOCIAZIONE PROFESSIONALE INGEGNERI</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>INGEGNERIA E ARCHITETTURA</p>	<p>MANDANTE</p>  <p>SWISS</p>				
<p>Relazione di calcolo pali illuminazione e blocco di fondazione</p>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NP00	00 D 18	CL	LF0000 001	A	36 di 36
Sovraccarico laterale (q0')	18,00	[kN/m ²]	$\gamma_{2d} \times (C+C1/2)$			
Carico limite Fondazione (qlim)	409,63	[kN/m ²]	$c'NcDcsc + q0'NqDqsq + 0,5\gamma A'NyDys\gamma$			
Carico limite Fondazione (Fzlim)	212,47	[kN]	$qlim \times A' \times B'$			
Fattore di sicurezza capacità portante (FC)	2,45		$Fzlim / [(Ned+Pb) / A'xB']$			
	>2,3	VERIFICATO	Tabella 6.4.I NTC2018			

11. CONCLUSIONI

In conclusione, è emerso che la palina luce tipo L9 ed il relativo blocco di fondazione B0 analizzato, per la configurazione di carico in oggetto alla presente relazione, è idoneo a sostenere i carichi ad esso applicati.