

GBRG ENGINEERING srl
Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

LUMISTUDIO SRL
Strada 4, palazzo Q8,5° piano
Centro Direzionale Milanofiori
20089 Rozzano (MI)
Tel. +39 02.49443671
info@lumistudio.it

COMUNE DI BENTIVOGLIO PROVINCIA DI BOLOGNA

NUOVA COSTRUZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA

LA CASELLA SNC



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA IPRIPi rev.2

FEBBRAIO 2025

Progettista:



GBRG ENGINEERING Srl
Sede Legale - Via Palmiro Togliatti n.54
Sede Operativa - Via dei Fiori n.2/d
Zibido San Giacomo (MI)
ING. GIUNTA GIUSEPPE
Tel. 02-9000.33.63 - Fax 02/922.70.938 giuseppe.giunta@gbrg.it - www.gbrg.it



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

INDICE

1	PREMESSE	4
1.1	Unità di misura	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.1	Normativa emessa dallo Stato Italiano	5
2.2	Eurocodice 8 –calcoli sismici-	6
3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	6
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
4.1	Cabina per impianti in c.a.....	7
4.2	Pali videosorveglianza.....	7
4.3	Recinzione metallica esterno.....	7
4.4	Cancello di ingresso a due ante	7
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
5.1	Calcestruzzi ed armature metalliche	8
5.1.1	<i>Calcestruzzo Fondazioni e Strutture in Elevazione.....</i>	<i>8</i>
5.1.2	<i>Valori caratteristici acciai da C.A.</i>	<i>9</i>
5.1.3	<i>Valori caratteristici acciai.....</i>	<i>9</i>
6	AZIONI DI CALCOLO E COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE – NTC2018.....	10
6.1	S.L.U. e S.L.E.	10
6.1.1	<i>Combinazioni Rare.....</i>	<i>11</i>
6.1.2	<i>Combinazioni Frequenti</i>	<i>11</i>
6.1.3	<i>Combinazioni Quasi Permanenti.....</i>	<i>11</i>
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	12
7.1	Falda	14
7.2	K Winkler	14
7.3	Categoria sismica del profilo stratigrafico	14
8	ANALISI DEI CARICHI	15
8.1	Cabina c.a.	15
8.1.1	<i>Peso proprio elementi</i>	<i>15</i>
8.1.2	<i>Solai.....</i>	<i>15</i>
8.1.3	<i>Solaio Copertura</i>	<i>15</i>
8.1.4	<i>Solaio a terra.....</i>	<i>15</i>
8.1.1	<i>Sovraccarichi per destinazione d'uso</i>	<i>15</i>
8.1.2	<i>Azione Neve su copertura</i>	<i>16</i>
8.1.3	<i>Azione del Vento</i>	<i>16</i>
8.2	Pali videosorveglianza.....	19
8.3	Peso proprio dei Calcestruzzi.....	19
8.3.1	<i>Peso proprio degli Acciai.....</i>	<i>19</i>
8.3.2	<i>Azione del Vento</i>	<i>19</i>

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

8.4	Pali Recinzione esterna	23
8.5	Peso proprio dei Calcestruzzi	23
8.5.1	<i>Peso proprio degli Acciai</i>	23
8.5.2	<i>Azione del Vento</i>	23
8.6	Pali Cannello esterno	26
8.7	Peso proprio dei Calcestruzzi	26
8.7.1	<i>Peso proprio degli Acciai</i>	26
8.7.2	<i>Azione del Vento</i>	26
9	MODELLAZIONE STRUTTURA CABINA IN C.A.	28
10	VALUTAZIONI GEOTECNICHE.....	30
10.1	Cedimenti e pressioni attese allo SLE	30
10.2	Pressioni allo SLU_statica	31
10.3	Conclusioni.....	31
10.1	Geotecnica – portanza del terreno e cedimenti attesi.....	32
11	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	33
11.1	Fondazioni sp.20 cm.....	33
11.1.1	<i>Verifiche SLE</i>	33
11.1.1.1	<i>Scarico a terra</i>	33
11.1.1.2	<i>Stato tensionale ammissibile:</i>	34
11.1.2	<i>Verifiche SLU</i>	35
11.1.3	<i>Flessione – INVILUPPO</i>	36
11.2	VERIFICA DI RESISTENZA PALO VIDEOSORVEGLIANZA.....	37
11.2.1	<i>Verifica capacità ammissibile fondazione palo video-sorveglianza.....</i>	39
11.3	Verifica di resistenza palo recinzione	40
11.3.1	<i>Verifica capacità ammissibile fondazione palo recinzione.....</i>	41
11.4	Verifica di resistenza cancello	42
11.4.1	<i>Verifica cancello chiuso</i>	43
11.4.2	<i>Verifica cancello aperto.....</i>	44
12	CONCLUSIONI	46

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

1 PREMESSE

La presente relazione di calcolo preliminare illustra gli interventi di realizzazione di cabine per apparecchiature elettriche, di cancello perimetrale, recinzione esterna e pali videosorveglianza site nel comune di Bentivoglio (BO).

Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto si sviluppa nel territorio del Comune di Bentivoglio (BO), in località La Casella SNC, identificato al catasto terreni al foglio 3, mappali 25, 27, 28, 29, 30, 77, 80, 81, 82, 83, 84.

I seguenti interventi rientrano nell'ambito degli Interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici previsti dalla Delibera di giunta regionale n°2272/2016. In particolare, l'intervento prevede:

- Realizzazione di cabine per impianti dove, tale intervento ricade nell'elenco A.3 "Manufatti, strutturalmente autonomi, adibiti a servizi, impianti tecnologici, ricovero animali e simili" al punto 2. b) "Locali per impianti tecnologici ad un solo piano con superficie $\leq 30\text{m}^2$ e altezza $\leq 3\text{m}$. (L2)".
- Realizzazione recinzione (altezza 2,00m per la recinzione perimetrale). Tale intervento ricade nell'elenco A.4. "Altre opere o manufatti, impianti" al punto 1. "Recinzioni (senza funzione di contenimento del terreno) con elementi murari o in c.a. o in legno o in acciaio, di altezza $\leq 2,50\text{m}$, comprese le relative pensiline di copertura di ingresso di superficie $\leq 4\text{m}^2$. Il limite di altezza non sussiste per le recinzioni in rete metallica, in grigliati metallici e simili, per i cancelli carrabili e le relative strutture di sostegno puntuali. (L1)".
- Installazione pali per videosorveglianza (altezza 3,00m). Tale intervento ricade nell'elenco A.4. "Altre opere o manufatti, impianti" al punto 2. "Strutture di sostegno per dispositivi di telecomunicazione, illuminazione, torri faro, segnaletica stradale (quali pali, tralicci), pale eoliche, isolate e non ancorate agli edifici, aventi altezza massima $\leq 15\text{m}$. (L1)"

1.1 Unità di misura

- lunghezza $[\text{m}] \div [\text{cm}] \div [\text{mm}]$
- forze $[\text{kN}] \div [\text{daN}]$
- angoli $[\text{rad}] \div [\text{grad}]$
- tensioni $[\text{N/mm}^2] \div [\text{daN/cm}^2]$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo “s.l.u.” e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti:

2.1 Normativa emessa dallo Stato Italiano

Legge 05.11.1971 n. 1086 : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.02.1992 : "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 37406 del 24.06.1993 : "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 14 febbraio 1992";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 09.01.1996 : "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche"

Ministero dei LL.PP. - Circ. 252 del 15.10.1996 : "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 09 gennaio 1996"

Ministero dei LL.PP. - D.M. 16.01.1996 : Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 156 del 04.07.1996 : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 16.01.1996 : "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 65/AA. GG. del 10.04.1997 : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996;

Ministero dei LL.PP. - D.M. 04.05.1990 : "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 34233 del 25.02.1991 : "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 11.03.1988 : "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Ministero dei LL.PP. - Circ. 30483 del 24.09.1988 : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 03.12.1987 : "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate";

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Ministero dei LL.PP. - Circ. 31104 del 16.03.1989 : “Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”;

Ordinanza Sismica del 20/03/2003. G.U. n°105 dell'8 Maggio 03.

- 1 Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone.
- 2 Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli Edifici.
- 3 Norme tecniche per il progetto sismico dei Ponti.
- 4 Norme tecniche per il progetto sismico di opere di Fondazione e di Sostegno dei terreni.
- 5 Nota esplicativa. Dipartimento della Protezione Civile. 04/Giugno/2003.

Testo Unico Norme Tecniche per le costruzioni 23.09.2005

Testo Unico Norme Tecniche per le costruzioni 14.01.2008

Testo Unico Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 17.01.2018

2.2 Eurocodice 8 –calcoli sismici-

UNI ENV 1998-1-1	parte 1-1:	Regole generali – Azioni Sismiche e requisiti generali per le strutture
UNI ENV 1998-1-2	parte 1-2:	Regole generali – Regole generali per gli edifici
UNI ENV 1998-2	parte 2:	Ponti
UNI ENV 1998-1-3	parte 1-3:	Regole generali – Regole specifiche per i diversi materiali ed elementi
UNI ENV 1998-5	parte 5:	Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Edward L. Wilson: **Three dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures** – *A physical approach with emphasis on earthquake engineering* - CSI Berkeley CA, USA 1998

Migliacci – F. Mola: **Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.** – Masson Italia Editori 1985

Castellani: **Costruzioni in zona sismica** – Masson Italia Editori 1983

C. Cestelli Guidi: **Geotecnica e tecnica delle fondazioni** – Ulrico Hoepli Editore 1987

<p>GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it</p>	<p>LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it</p>
--	---

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Cabina per impianti in c.a.

In particolare, si prevede la realizzazione di struttura a monopiano in c.a. a servizio di impianti tecnologici (cabina) così come definito dal DGR 2272/2016. La struttura presenta le seguenti dimensioni massime in pianta pari a 7,50 x 2,50 m con un'altezza di 2,80 m, risulta suddivisa in due ambienti tramite parete divisoria interna e si compone dei seguenti elementi costruttivi in calcestruzzo armato:

- n. 04 pannelli inferiori interrati (come riportato nell'elaborato grafico);
- n. 02 piastre di pavimento di spessore 10 cm (lunghezza e larghezza variabili);
- n. 04 pannelli superiori, di altezza pari a 280cm (spessore e lunghezza variabili);
- n. 02 piastre di copertura.

La cabina poggia su platea in c.a. spessore 0,2 m sottofondata.

4.2 Pali videosorveglianza

Le verifiche di seguito riportate riguardano un palo a sbraccio in acciaio di sezione tubolare, di altezza complessiva, dal piano di fondazione, di 3,00 m e il relativo plinto di fondazione; la sezione trasversale alla base ha diametro esterno pari a 168,3 cm. Lo spessore delle pareti è di 5 mm.

La struttura di fondazione è un plinto in c.a. di forma cubica ossia a base rettangolare di lato 80 cm ed altezza pari a 80 cm.

4.3 Recinzione metallica esterno

Le verifiche di seguito riportate riguardano un palo a sbraccio in acciaio di sezione tubolare, di altezza complessiva, dal piano di fondazione, di 2,00 m e il relativo plinto di fondazione; la sezione trasversale alla base all'esterno ha le seguenti dimensioni: profilo rettangolare 140x140 mm. Lo spessore delle pareti è di 4 mm.

4.4 Cancelli di ingresso a due ante

Le verifiche di seguito riportate riguardano un cancello a due ante sorretto a mezzo di cardini saldati a pilastri in acciaio scatolare. Il cancello è realizzato con struttura scatolare 150x150*5 mm, di altezza complessiva, dal piano di fondazione, di 2,00 m e il relativo plinto di fondazione; la sezione trasversale porta una lunghezza complessiva dell'elemento di 5,00. L'apertura può avvenire manualmente oppure con l'ausilio di dispositivi elettrici.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 Calcestruzzi ed armature metalliche

5.1.1 Calcestruzzo Fondazioni e Strutture in Elevazione

Calcestruzzo: $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

Rck [N/mmq]	fck	fcd	fcc	fctm	fcfm	fctk	fcfk
25	20,75	12,97	11,02	2,31	2,77	1,62	1,94
30	24,90	15,56	13,23	2,61	3,13	1,82	2,19
35	29,05	18,16	15,43	2,89	3,47	2,02	2,43
40	33,20	20,75	17,64	3,16	3,79	2,21	2,65
45	37,35	23,34	19,84	3,42	4,10	2,39	2,87
50	41,50	25,94	22,05	3,66	4,40	2,57	3,08
55	45,65	28,53	24,25	3,90	4,69	2,73	3,28

Rck [N/mmq]	fctd	fcfd	v				
25	1,01	1,21	0,15-0,18				
30	1,14	1,37	0,16-0,19				
35	1,26	1,52	0,17-0,20				
40	1,38	1,66	0,18-0,22				
45	1,49	1,79	0,20-0,25				
50	1,60	1,92	0,22-0,27				
55	1,71	2,05	0,24-0,29				

f_c	= resistenza cilindrica a compressione
R_c	= resistenza cubica
R_{cm}	= resistenza cubica media
f_{cm}	= resistenza media cilindrica
R_{ck}	= resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= resistenza caratteristica cilindrica = $0,83 R_{ck}$
f_{cd}	= resistenza di calcolo cilindrica = f_{ck} / γ_c
f_{cc}	= $0,85 f_{cd}$
f_{ct}	= resistenza a trazione
f_{ctm}	= resistenza a trazione semplice assiale = $0,27 \sqrt[3]{(R_{ck})^2}$
f_{cfm}	= resistenza a trazione per flessione = $1,2 f_{ctm}$
f_{ctk}	= resistenza caratteristica a trazione semplice assiale = $0,7 f_{ctm}$
f_{cfk}	= resistenza caratteristica a trazione per flessione = $0,7 f_{cfm}$
f_{ctd}	= resistenza di calcolo a trazione –assiale– = f_{ctk} / γ_c
f_{cfd}	= resistenza di calcolo a trazione –per flessione– = f_{cfk} / γ_c

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

5.1.2 Valori caratteristici acciai da C.A.

B450C

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$(f_{tk} / f_{yk}) \geq 1,13$$

$$\leq 1,35$$

controllato in stabilimento

tensione caratteristica di rottura

tensione caratteristica di snervamento

modulo elastico

$$\text{Tensione di trazione ammissibile} \quad | \quad \sigma_s = 255.00 \text{ N/mm}^2$$

f_y = tensione di snervamento

f_t = tensione di rottura

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento $\geq 4300 \text{ Kg/cm}^2$

f_{tk} = tensione caratteristica di rottura $\geq 5400 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{(0,2)}$ = tensione allo 0,2% di deformazione residua

$f_{(0,2)k}$ = tensione caratteristica allo 0,2% di deformazione residua

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

5.1.3 Valori caratteristici acciai

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$

coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$

(per temperature fino a 100°C)

densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

• Acciaio da Carpenteria S235

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

6 AZIONI DI CALCOLO E COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE – NTC2018

6.1 S.L.U. e S.L.E.

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono dati nel § 2.6.1.

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

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

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

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P = 1,0$.

Altri valori di coefficienti parziali sono riportati nei capitoli successivi con riferimento a particolari azioni specifiche.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

COEFF. DI COMBINAZIONE

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

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

6.1.1 Combinazioni Rare

$$F_d = G_k + P_k + Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{0i} Q_{ik}) \quad \text{periodo di ritorno 1 anno}$$

6.1.2 Combinazioni Frequenti

$$F_d = G_k + P_k + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{i=2,n} (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad \text{periodo di ritorno 2 settimane}$$

6.1.3 Combinazioni Quasi Permanenti

$$F_d = G_k + P_k + \sum_{i=1,n} (\psi_{2i} Q_{ik})$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzate all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico. I parametri fisico meccanici dei terreni interessati dalle strutture in progetto sono basati dalla relazione geologica effettuata in data marzo 2024.

COMUNE BENTIVOGLIO

(Provincia di Bologna)

RELAZIONE

- *CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO*
- *AZIONE SISMICA*
- *INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA*

PROCEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE (PAUR) PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE (IMPIANTO FOTOVOLTAICO), DELLA POTENZA DI PICCO TOTALE PARI A 24,99588 MWp E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 24,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI PROPRIETA' DI E-DISTRIBUZIONE SPA. SITO IN LOCALITA' LA CASELLA SNC.

Committente: NEOEN RENEWABLES ITALIA S.r.l.

Marzo, 2024



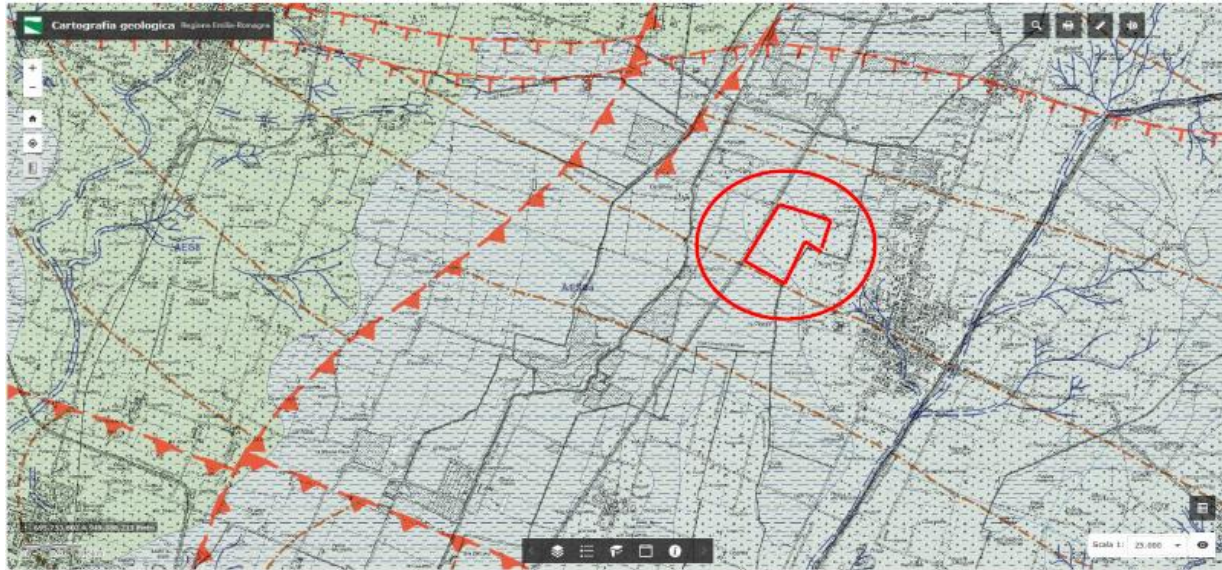
**Società di
Geologia
Territoriale**

S. G. T. sas,
di Van Zutphen Albert & C.,
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Dalla relazione presente l'area oggetto di intervento ricade in zona del sottosuolo caratterizzata in superficie da litologie Sabbia Limosa e Argilla Limosa - Piana alluvionale non soggetti al fenomeno della liquefazione.



- T *faglia profonda diretta dedotta*
- ▲ *sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto*
- *ventaglio di esondazione certo*
- *traccia di canale di area interdistributrice certa*
- Argilla Limosa - Piana alluvionale*
- Sabbia Limosa - Piana alluvionale*

I valori caratterizzanti del terreno sono:

		Condizioni non drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ □	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE DRENATA	C'	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE NON DRENATA	C_u	0.79 daN/cm ²	0.59 daN/cm ²	0.79 daN/cm ²	0.12 daN/cm ²
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ_{cv}	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.34	0.08
MODULO DI TAGLIO INIZIALE G_0	G_0	343 daN/cm ²	232 daN/cm ²	355 daN/cm ²	75 daN/cm ²
MODULO ELASTICO	E	209 daN/cm ²	137 daN/cm ²	217 daN/cm ²	49 daN/cm ²
KI DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	K_i			2.77 daN/cm ³	0.41 daN/cm ³
Kw DI WINKLER VERTICALE PERFONDAZIONE B = 2.9 m Vesic	K_w			0.85 daN/cm ³	
DENSITA' DEL TERRENO	γ □	1802 daN/m ³	1704 daN/m ³	1813 daN/m ³	66 daN/m ³
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	γ_s	1402 daN/m ³	1304 daN/m ³	1413 daN/m ³	66 daN/m ³
OVER CONSOLIDATION RATIO	OCR			9.50	3.61

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

		Condizioni drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ	21.5 °	17.5 °	21.9 °	2.7 °
COESIONE DRENATA	C'	0.493 daN/cm ²	0.462 daN/cm ²	0.496 daN/cm ²	0.021 daN/cm ²
COESIONE NON DRENATA	C_u	n/a	n/a	n/a	n/a
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ_{cv}	26.4 °	26.2 °	27.4 °	0.7 °
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.35	0.07
MODULO DI TAGLIO INIZIALE G_0	G_0	368 daN/cm ²	228 daN/cm ²	382 daN/cm ²	94 daN/cm ²
MODULO ELASTICO	E	228 daN/cm ²	132 daN/cm ²	238 daN/cm ²	64 daN/cm ²
KI DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	K_i			2.94 daN/cm ³	0.54 daN/cm ³
Kw DI WINKLER VERTICALE PER FONDAZIONE B = 2.9 m. Vesic	K_w			0.94 daN/cm ³	
DENSITA' DEL TERRENO	γ	1819 daN/m ³	1712 daN/m ³	1829 daN/m ³	71 daN/m ³
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	γ_s	1419 daN/m ³	1312 daN/m ³	1429 daN/m ³	71 daN/m ³
OVER CONSOLIDATION RATIO	OCR			9.25	3.32

7.1 Falda

La presenza di acqua di falda viene dichiarata ad una profondità di circa -1,9 m dal piano campagna.

7.2 K Winkler

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Sabbia sciolta	0.48	1.60
Sabbia mediamente compatta	0.96	8.00
Sabbia compatta	6.40	12.80
Sabbia argillosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia limosa mediamente compatta	2.40	4.80
Sabbia e ghiaia compatta	10.00	30.00
Terreno argilloso con $q_u < 2 \text{ Kg/cm}^2$	1.20	2.40
Terreno argilloso con $2 < q_u < 4 \text{ Kg/cm}^2$	2.20	4.80
Terreno argilloso con $q_u > 2 \text{ Kg/cm}^2$	>4.80	

Valori indicativi della costante di Winkler K in Kg/cm³

Il valore della reazione k del terreno per le analisi in oggetto viene assunto pari a **1 kg/cm³**

7.3 Categoria sismica del profilo stratigrafico

I terreni analizzati rientrano nella **categoria C**; tali terreni vengono definiti dalle NTC2018 come "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensanti o terreni a grana fina mediamente consistenti"

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 Cabina c.a.

8.1.1 Peso proprio elementi

Il peso proprio del C.A. è valutato in ragione di 2.500 daN/m³ ed è computato automaticamente dal programma di calcolo.

8.1.2 Solai

8.1.3 Solaio Copertura

SOLAIO COPERTURA SP. 10cm	
----------------------------------	--

	daN/mq	GAMMA	daN/mq
PESO PROPRIO SOLAIO 10	25	1,3	33
ACC. (CALPESTABILITA') O NEVE	50	1,5	75
TOT SLE	75		
TOT SLU			108

8.1.4 Solaio a terra

SOLAIO PT SP. 10cm	
---------------------------	--

	daN/mq	GAMMA	daN/mq
PESO PROPRIO SOLAIO 10	25	1,3	33
ACC. (CALPESTABILITA') O NEVE	500	1,5	750
TOT SLE	525		
TOT SLU			783

8.1.1 Sovraccarichi per destinazione d'uso

Il peso dei sovraccarichi strutturali per le strutture industriali. è valutato secondo le disposizioni della normativa vigente ed assunto parti a 5kN/m².

C3.1 OPERE CIVILI ED INDUSTRIALI

C3.1.3 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Nel paragrafo § 3.1.3 delle NTC si danno indicazioni sui carichi permanenti non strutturali e sulla possibilità di rappresentarli come uniformemente distribuiti, nei limiti dati ai capoversi 3° e 4°. In particolare, vengono mostrate le equivalenze per i divisori con peso per unità di lunghezza non superiore a 5,0 kN/m.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

8.1.2 Azione Neve su copertura

○	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Temi, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

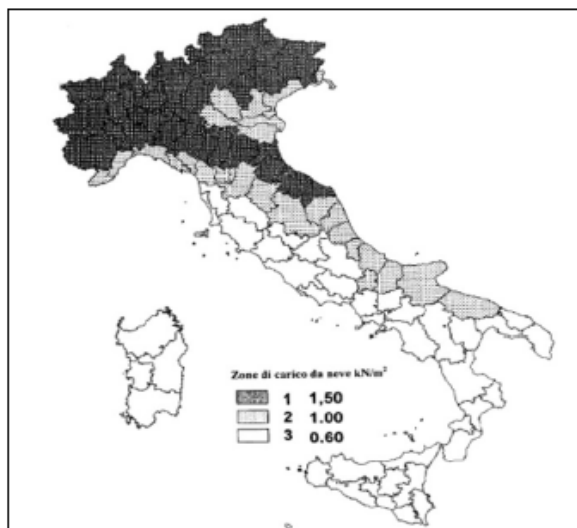
$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/mq])} = \mu_i q_{sk} C_E C_t$ μ_i (coefficiente di forma) q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) C_E (coefficiente di esposizione) C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	19
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1,50

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.



Topografia	Descrizione	C_E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

Il carico provocato dalla neve sarà valutato mediante la seguente espressione:

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

Il valore di riferimento del carico neve al suolo q_{sk} è calcolato in riferimento alla zonazione imposta dalla normativa vigente (NTC 2018); a tal proposito il sito ricade nella Zona II con $a_s = 19 \text{ m}$, pertanto il valore di riferimento del carico neve al suolo è pari a:

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{con } a_s < 200 \text{ m}$$

Il coefficiente di esposizione C_E e il coefficiente termico C_t 0°, il coefficiente di forma i è pari a 0,8. Pertanto il carico neve risulta pari a $q_s = 1,2 \text{ kN/m}^2$.

VALORE CARATTERISTICO DELLA NEVE AL SUOLO:

$$q_{sk} = 120 \text{ Kg/m}^2.$$

8.1.3 Azione del Vento

In ossequio alla Normativa vigente, per il calcolo del carico impresso dal vento si è proceduto alla determinazione della pressione del vento in relazione ai parametri derivanti dalla zonazione eolica

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

precedentemente riportati.

La pressione del vento p è determinata come segue:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

2) Emilia Romagna



Classe di rugosità del terreno:

A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nella formula precedente con q_r si indica la pressione cinetica di riferimento del vento determinata come:

$$q(z) = \frac{1}{2} * 1,25 * v_r^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Per un tempo di ritorno pari a $TR = 50$ anni e per un'altitudine sul livello del mare del sito as (19), la velocità di riferimento del vento v_r è pari a $v_{b,0}$, ovvero pari a 25 m/s; pertanto la pressione cinetica di riferimento è pari a $q_b = 391,20 \text{ N/m}^2$.

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la struttura.

Nello specifico in assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, ad altezza z pari a 2,70 m ($z < z_{min}$) e classe di esposizione del sito pari a III, il coefficiente di esposizione è pari a $c_e = 1,71$.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

Distanza dalla costa

T_R (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

19	[m]
200	[km]
50	[anni]
V	

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	2 km	10 km	30 km	750m
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa	mare	2 km	10 km	30 km
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	costa	mare	1.5 km
			0.5 km
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	costa	mare
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Il coefficiente di forma c_p dipende dalla tipologia e dalla geometria della struttura e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Nello specifico, considerando che la struttura presenta una falda piana i coefficienti valgono:

Parete sopravento $C_p=+0,4$

Parete sottovento $C_p=-0,8$

Copertura sopravento $C_p=-0,8$

Copertura sottovento $C_p=-0,8$

Infine, il coefficiente dinamico c_d è stato assunto cautelativamente, secondo la norma, pari a 1. Pertanto, la pressione del vento risulta pari a:

	p [kN/m ²]	c _d	c _t	c _e	c _p	P [kN/m ²]
(1) par. sopravent.	0,391	1,00	1,00	1,479	0,40	0,23
(2) cop. sopravent.	0,391	1,00	1,00	1,479	-0,80	-0,46
(3) cop. Sottovent.	0,391	1,00	1,00	1,479	-0,80	-0,46
(4) par. sottovent.	0,391	1,00	1,00	1,479	-0,80	-0,46

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

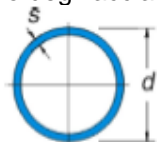
8.2 Pali videosorveglianza

8.3 Peso proprio dei Calcestruzzi

Il peso proprio del C.A. è valutato in ragione di 2.500 daN/m³

8.3.1 Peso proprio degli Acciai

Il peso proprio degli acciai da carpenteria è valutato in ragione di 7850 daN/m³



d x s mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm ²	Sezione metallica cm ²	Momenti di inerzia	Moduli di resistenza	Raggi di inerzia
				Jx = Jy cm ⁴	Wx = Wy cm ³	ix = iy cm
168,3 x 5,0	20,10	197,0	25,70	856,0	102,0	5,780

8.3.2 Azione del Vento

Per determinare l'entità delle degli effetti dell'azione del vento si è fatto riferimento alle norme CNR DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni". In particolare, il calcolo è stato effettuato secondo i punti seguenti:

- valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento (par. 3.2 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo (par. 3.3.3 e G.7/Allegato G della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo (par. 3.3.4 e G.10/Allegato G della norma di riferimento).

La pressione del vento p è determinata come segue:

$$p = q_r * c_e * c_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

2) Emilia Romagna



Classe di rugosità del terreno:

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,.....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D. Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati.

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nella formula precedente con q_r si indica la pressione cinetica di riferimento del vento determinata come:

$$q(z) = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot v_r^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Per un tempo di ritorno pari a $T_R = 50$ anni e per un'altitudine sul livello del mare del sito as (19), la velocità di riferimento del vento v_r è pari a $v_{b,0}$, ovvero pari a 25 m/s; pertanto la pressione cinetica di riferimento è pari a $q_b = 391,20 \text{ N/m}^2$.

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la struttura.

Nello specifico in assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, ad altezza z pari a 2,20 m ($z < z_{min}$) e classe di esposizione del sito pari a V, il coefficiente di esposizione è pari a $c_e = 1,71$

VALORE CARATTERISTICO PRESSIONE DEL VENTO:

$$P = 0.669 \text{ kN/m}^2.$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Nello specifico, considerando che la struttura è un elemento verticale si fa riferimento a quanto esplicito in via approssimata secondo allegato CRN 207/2018 G.7 (Allegato G alla norma di riferimento).

$$F_X = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_{FX} \quad (3.13a)$$

$$F_Y = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_{FY} \quad (3.13b)$$

$$F_Z = q_p(\bar{z}) \cdot L^2 \cdot c_{FZ} \quad (3.13c)$$

$$M_X = q_p(\bar{z}) \cdot L^3 \cdot c_{MX} \quad (3.13d)$$

$$M_Y = q_p(\bar{z}) \cdot L^3 \cdot c_{MY} \quad (3.13e)$$

$$M_Z = q_p(\bar{z}) \cdot L^3 \cdot c_{MZ} \quad (3.13f)$$

dove:

q_p è la pressione cinetica di picco del vento (paragrafo 3.2.7);
 c_{FX}, c_{FY}, c_{FZ} sono i coefficienti di forza secondo le tre direzioni ortogonali X, Y, Z ;
 c_{MX}, c_{MY}, c_{MZ} sono i coefficienti di momento intorno alle tre direzioni ortogonali X, Y, Z ;
 \bar{z}, L sono l'altezza e la lunghezza di riferimento associate ai coefficienti c_{FX}, c_{FY}, c_{FZ} e c_{MX}, c_{MY}, c_{MZ} .

- z è l'altezza di riferimento associata al coefficiente di forza;
- L è la lunghezza di riferimento su cui agisce la pressione del vento;
- C_{FX} è il coefficiente di forza secondo la direzione x .

Quindi il valore di C_{fx} dalla formulazione precedente abbiamo che vale: 1,8 per le insegne. Si calcola quindi la forza agente in sommità del pilastro mediante le seguenti formulazioni:

q_p è la pressione cinetica di picco del vento

In corrispondenza del corpo illuminante l'azione del vento può essere schematizzata come una forza puntuale. Per il calcolo del coefficiente di forza si fa riferimento al punto G.7:

- Larghezza del faro $b = 0,60$ m
- Spessore del faro $s = 0,3$ m
- Area di riferimento $A = b \cdot s = 0,18$ m²

La forza puntuale del vento F_x : $2 \cdot q_p \cdot C_{FX} \cdot A = 2 \times 0,669 \text{ kN/m}^2 \times 1,8 \times 0,18 \text{ m}^2 = \mathbf{0.44 \text{ kN}}$

Per la valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo si ha che la forza distribuita esercitata dal vento lungo lo sviluppo del palo può essere calcolata mediante la relazione seguente:

$$f_X(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fX} \quad (3.14a)$$

$$f_Y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fY} \quad (3.14b)$$

$$m_Z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mZ} \quad (3.14c)$$

dove:

q_p è la pressione cinetica di picco del vento (paragrafo 3.2.7);
 z è la quota sul suolo;
 c_{fX}, c_{fY}, c_{mZ} sono i coefficienti di forza (secondo le due direzioni ortogonali X e Y) e il coefficiente di momento (intorno all'asse Z), definiti convenzionalmente positivi o negativi in funzione della direzione della forza o del momento di volta in volta considerati;
 l è la dimensione di riferimento associata ai coefficienti c_{fX}, c_{fY}, c_{mZ} .

Per la determinazione dell'azione del vento lungo lo sviluppo del palo può essere schematizzata come una forza per unità di lunghezza. Per il calcolo del coefficiente di forza si fa riferimento al punto G.10

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

$$c_{f\lambda} = c_{f\lambda 0} \cdot \psi_{\lambda} \quad (\text{G.19a})$$

$$c_{f\lambda} = c_{f\lambda 0} \cdot \psi_{\lambda} \quad (\text{G.19b})$$

$$c_{m\lambda} = c_{m\lambda 0} \cdot \psi_{\lambda} \quad (\text{G.19c})$$

dove:

$c_{f\lambda 0}$, $c_{f\lambda 0}$, $c_{m\lambda 0}$ sono i coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza relativi a strutture ed elementi di lunghezza ideale infinita, quindi con comportamento aerodinamico bidimensionale nel piano della sezione trasversale;

ψ_{λ} è il coefficiente di snellezza, che tiene in conto gli effetti riduttivi di bordo.

Pertanto, definito il coefficiente di Reynold come:

$$Re(z) = (0.168 \text{ m} \cdot 25.04 \text{ m/s}) / 15 \times 10^{-6} = 2.8 \times 10^5 [\text{s}]$$

La scabrezza della superficie tramite Tab.G.XVII uguale a $k = 0.20 \text{ mm}$ e il parametro $k/d = 0.067$

Il coefficiente di forza c_{fx} vale:

$$c_{f\lambda 0} = \frac{0.11}{(Re/10^6)^{1.4}} \leq 1.2 \quad (\text{curva A}) \quad (\text{G.23a})$$

$$c_{f\lambda 0} = 1.2 + \frac{0.18 \cdot \log_{10}(10 \cdot k/b)}{1 + 0.4 \cdot \log_{10}(Re/10^6)} \geq 0.4 \quad (k/b \geq 10^{-5}) \quad (\text{curva B}) \quad (\text{G.23b})$$

$$c_{fx,0} = 0.6521$$

Definiamo quindi il valore della snellezza relativa tramite la formulazione allegato G (G.24).

$$\psi_{\lambda} = 0.6 + 0.1 \cdot \log_{10}(\lambda) \quad \text{per } 1 \leq \lambda \leq 10 \quad (\text{G.24a})$$

$$\psi_{\lambda} = 0.45 + 0.25 \cdot \log_{10}(\lambda) \quad \text{per } 10 \leq \lambda \leq 100 \quad (\text{G.24b})$$

$$\psi_{\lambda} = 0.61 + 0.17 \cdot \log_{10}(\lambda) \leq 1 \quad \text{per } 100 \leq \lambda \leq 1000 \quad (\text{G.24c})$$

Pertanto, definito il coefficiente riduttivo della forza aereodinamica vale:

$$\psi_{\lambda} = (0.45 + 0.25 \times \log_{10}(L/d)) = 1.17 [\text{s}]$$

Quindi possiamo determinare la forza del vento per unità di lunghezza f_x pari a:

$$f_x = q_p \cdot c_{fx} \cdot \psi_{\lambda} \cdot l = 0.3921 \times 1.17 \times 0.652 \times 0.168 = 0.05 \text{ kN/m}$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

8.4 Pali Recinzione esterna

8.5 Peso proprio dei Calcestruzzi

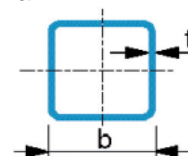
Il peso proprio del C.A. è valutato in ragione di 2.500 daN/m³

8.5.1 Peso proprio degli Acciai

Il peso proprio degli acciai da carpenteria è valutato in ragione di 7850 daN/m³ che per la

**PROFILI CAVI PER LA COSTRUZIONE FORMATI A FREDDO
EN 10219**

Dimensioni e caratteristiche dei profili cavi a sezione quadrata



Dimensione del lato	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
b mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
140	4	16,8	21,3	651	5,52	93	108	1023	140	0,546	59,7

8.5.2 Azione del Vento

Per determinare l'entità delle degli effetti dell'azione del vento si è fatto riferimento alle norme CNR DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni". In particolare, il calcolo è stato effettuato secondo i punti seguenti:

- valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento (par. 3.2 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo (par. 3.3.3 e G.7/Allegato G della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo (par. 3.3.4 e G.10/Allegato G della norma di riferimento).

La pressione del vento p è determinata come segue:

$$p = q_r * c_e * c_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

2) Emilia Romagna



Classe di rugosità del terreno:

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,.....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D. Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati.

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nella formula precedente con q_r si indica la pressione cinetica di riferimento del vento determinata come:

$$q(z) = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot v_r^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Per un tempo di ritorno pari a $T_R = 50$ anni e per un'altitudine sul livello del mare del sito as (19), la velocità di riferimento del vento v_r è pari a $v_{b,0}$, ovvero pari a 25 m/s; pertanto la pressione cinetica di riferimento è pari a $q_b = 391,20 \text{ N/m}^2$.

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la struttura.

Nello specifico in assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200 \text{ m}$, ad altezza z pari a 2,20 m ($z < z_{min}$) e classe di esposizione del sito pari a V, il coefficiente di esposizione è pari a $c_e = 1,71$

VALORE CARATTERISTICO PRESSIONE DEL VENTO:

$$P = 0.669 \text{ kN/m}^2.$$

Per la determinazione dell'azione del vento lungo lo sviluppo del palo può essere schematizzata come una forza per unità di lunghezza. Per il calcolo del coefficiente di forza si fa riferimento al punto G.10

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbgq.it www.gbgq.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

$$C_{fX} = C_{fX0} \cdot \Psi_{\lambda} \quad (G.19a)$$

$$C_{fY} = C_{fY0} \cdot \Psi_{\lambda} \quad (G.19b)$$

$$C_{mZ} = C_{mZ0} \cdot \Psi_{\lambda} \quad (G.19c)$$

dove:

C_{fX0} , C_{fY0} , C_{mZ0} sono i coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza relativi a strutture ed elementi di lunghezza ideale infinita, quindi con comportamento aerodinamico bidimensionale nel piano della sezione trasversale;

Ψ_{λ} è il coefficiente di snellezza, che tiene in conto gli effetti riduttivi di bordo.

Per le sezioni a spigoli vivi, indipendentemente dal numero di Reynolds e dalla scabrezza della superficie, il coefficiente di forza nella direzione del vento è $C_{fX0} = 2,1$.

Considerando a favore di sicurezza la sola dipendenza dal raggio di curvatura r degli spigoli, il coefficiente C_{fX0} può essere ridotto, in funzione del rapporto r/l tra il raggio di curvatura r degli spigoli ed il lato l della sezione, tramite il fattore moltiplicativo Ψ_r

$$\Psi_r = 1 - 0,75 \cdot \frac{r}{l} \quad ; \quad \Psi_r \geq 0,7$$

Pertanto, definito il coefficiente riduttivo della forza aereodinamica vale

$$\Psi_{\lambda} = (1 - 0,75 \times (5,52/150)) = 0,97[s]$$

Quindi possiamo determinare la forza del vento per unità di lunghezza f_x pari a:

$$f_x = q_p \cdot C_{fX0} \cdot \Psi_{\lambda} \cdot l = 0,3921 \times 2,1 \times 0,97 \times 0,14 = \mathbf{0,11 \text{ kN/m}}$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

8.6 Pali Cannello esterno

8.7 Peso proprio dei Calcestruzzi

Il peso proprio del C.A. è valutato in ragione di 2.500 daN/m³ ed è computato automaticamente dal programma di calcolo.

8.7.1 Peso proprio degli Acciai

Il peso proprio degli acciai da carpenteria è valutato in ragione di 7850 daN/m³ ed è computato automaticamente dal programma di calcolo.

8.7.2 Azione del Vento

Per determinare l'entità delle degli effetti del azione del vento si è fatto riferimento alle norme CNR DT 207/2008 "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni". In particolare, il calcolo è stato effettuato secondo i punti seguenti:

- valutazione della velocità e della pressione cinetica del vento (par. 3.2 della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione concentrata del vento sulla sommità del palo (par. 3.3.3 e G.7/Allegato G della norma di riferimento);
- valutazione dell'azione distribuita del vento lungo lo sviluppo del palo (par. 3.3.4 e G.10/Allegato G della norma di riferimento).

La pressione del vento p è determinata come segue:

$$p = q_r * c_e * c_d \text{ [kN/m}^2\text{]}$$



Classe di rugosità del terreno:

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D. Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati.

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nella formula precedente con q_r si indica la pressione cinetica di riferimento del vento determinata come:

$$q(z) = \frac{1}{2} * 1,25 * v_r^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Per un tempo di ritorno pari a $TR = 50$ anni e per un'altitudine sul livello del mare del sito as (19), la velocità di riferimento del vento v_r è pari a $v_{b,0}$, ovvero pari a 25 m/s; pertanto la pressione cinetica di riferimento è pari a $q_b = 391,20$ N/m².

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la struttura.

Nello specifico in assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, ad altezza z pari a $2,20$ m ($z < z_{min}$) e classe di esposizione del sito pari a V, il coefficiente di esposizione è pari a $c_e = 1,71$

VALORE CARATTERISTICO PRESSIONE DEL VENTO:

$$P = 0.669 \text{ kN/m}^2.$$

Per la determinazione dell'azione del vento lungo lo sviluppo del palo può essere schematizzata come una forza per unità di lunghezza. Per il calcolo del coefficiente di forza si fa riferimento al punto G.10

$$c_{fX} = c_{fX0} \cdot \psi_\lambda \quad (G.19a)$$

$$c_{fY} = c_{fY0} \cdot \psi_\lambda \quad (G.19b)$$

$$c_{mZ} = c_{mZ0} \cdot \psi_\lambda \quad (G.19c)$$

dove:

c_{fX0} , c_{fY0} , c_{mZ0} sono i coefficienti di forza e di momento per unità di lunghezza relativi a strutture ed elementi di lunghezza ideale infinita, quindi con comportamento aerodinamico bidimensionale nel piano della sezione trasversale;

ψ_λ è il coefficiente di snellezza, che tiene in conto gli effetti riduttivi di bordo.

Per le sezioni a spigoli vivi, indipendentemente dal numero di Reynolds e dalla scabrezza della superficie, il coefficiente di forza nella direzione del vento è $c_{fX0} = 2,1$.

Considerando a favore di sicurezza la sola dipendenza dal raggio di curvatura r degli spigoli, il coefficiente c_{fX0} può essere ridotto, in funzione del rapporto r/l tra il raggio di curvatura r degli spigoli ed il lato l della sezione, tramite il fattore moltiplicativo ψ_r

$$\psi_r = 1 - 0,75 \cdot \frac{r}{l} \quad ; \quad \psi_r \geq 0,7$$

Pertanto, definito il coefficiente riduttivo della forza aereodinamica vale

$$\psi_\lambda = (1 - 0,75 \times (5,52/150)) = 0.97[s]$$

Quindi possiamo determinare la forza del vento per unità di lunghezza f_x pari a:

$$f_x = q_p \cdot c_{fX0} \cdot \psi_\lambda \cdot l = 0,3921 \times 2,1 \times 0,97 \times 0,14 = 0,11 \text{ kN/m}$$

<p>GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it</p>	<p>LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it</p>
--	---

9 MODELLAZIONE STRUTTURA CABINA IN C.A.

Attraverso un modello a elementi finiti, è possibile schematizzare la struttura assegnandole:

- le geometrie di riferimento
- le proprietà dei materiali,
- i vincoli esterni
- i carichi di esercizio.

La struttura viene modellata secondo le seguenti ipotesi;

- elementi plate beam per tutte le strutture in elevazione e di fondazione

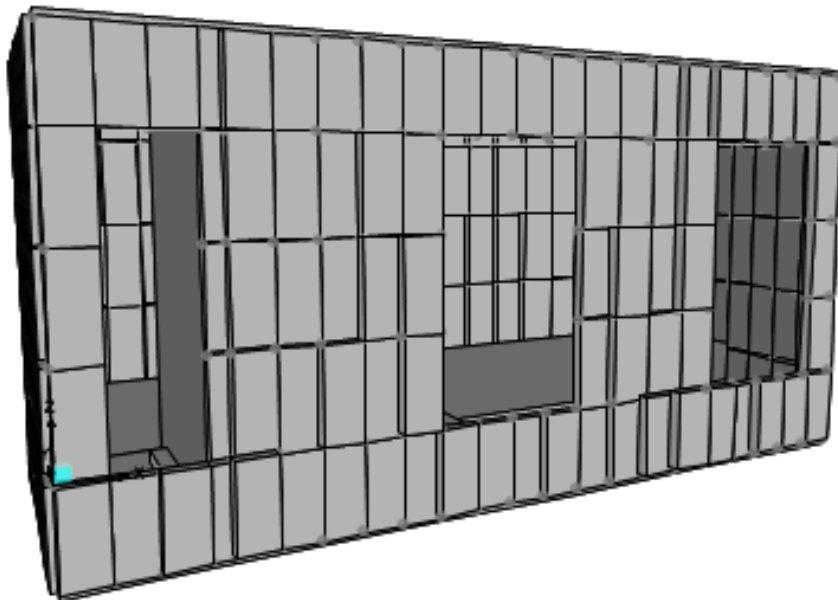
Il codice di calcolo SAP2000 ha dedotto le frequenze proprie del modello strutturale in oggetto.

Si è eseguita un'analisi modale con integrazione passo-passo delle equazioni del moto.

I carichi sono stati specificati sia come azioni concentrate/distribuite applicate ai nodi o agli elementi asta o agli elementi shell.

Il codice di calcolo SAP2000 ha dedotto le frequenze proprie del modello strutturale in oggetto.

- il modello complessivo incastrato al piede, su travi di fondazione e platee, tramite molle Winkler, la cui rigidità è stata dedotta usufruendo delle bibliografie a ns disposizione da questo sono state dedotte le massime azioni sulle fondazioni e le deformazioni attese del complesso strutturale

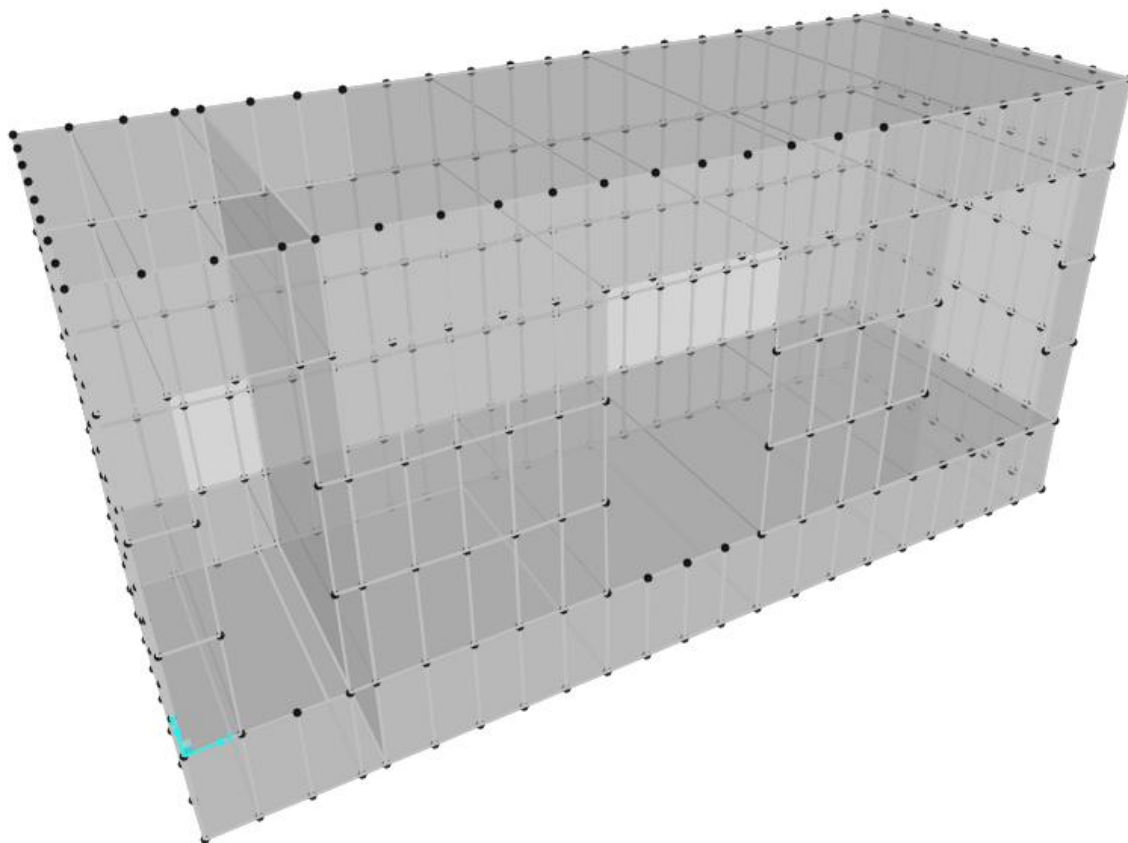


GBRG ENGINEERING srl

Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

LUMISTUDIO SRL

Strada 4, palazzo Q8,5° piano
Centro Direzionale Milanofiori
20089 Rozzano (MI)
Tel. +39 02.49443671
info@lumistudio.it



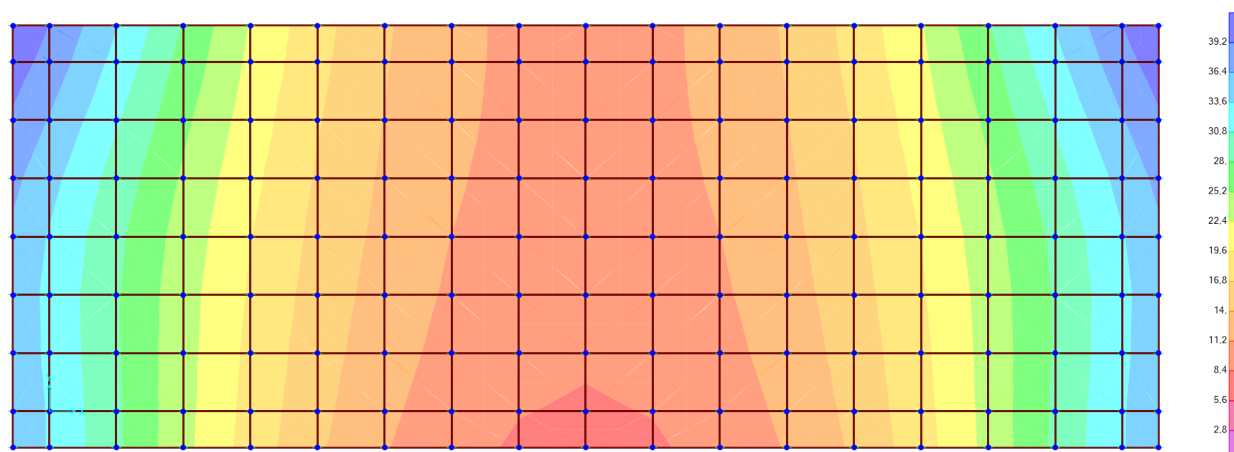
Modello FEM della struttura

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

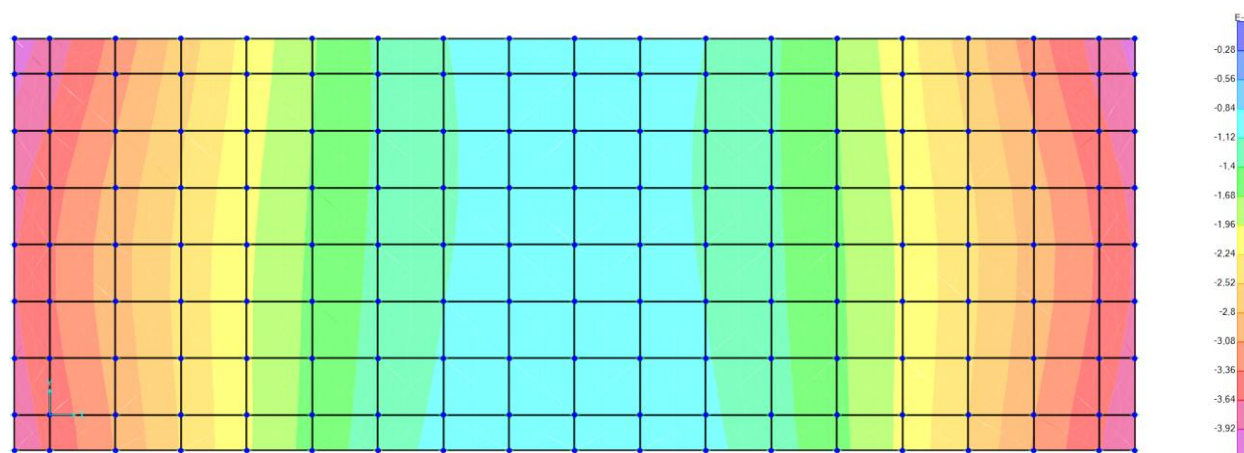
10 VALUTAZIONI GEOTECNICHE

10.1 Cedimenti e pressioni attese allo SLE

I seguenti grafici mostrano le pressioni e i cedimenti sul terreno, al di sotto della platea di fondazione.



Pianta fondazione – Pressioni verticali massima sul terreno di 41,69 kPa

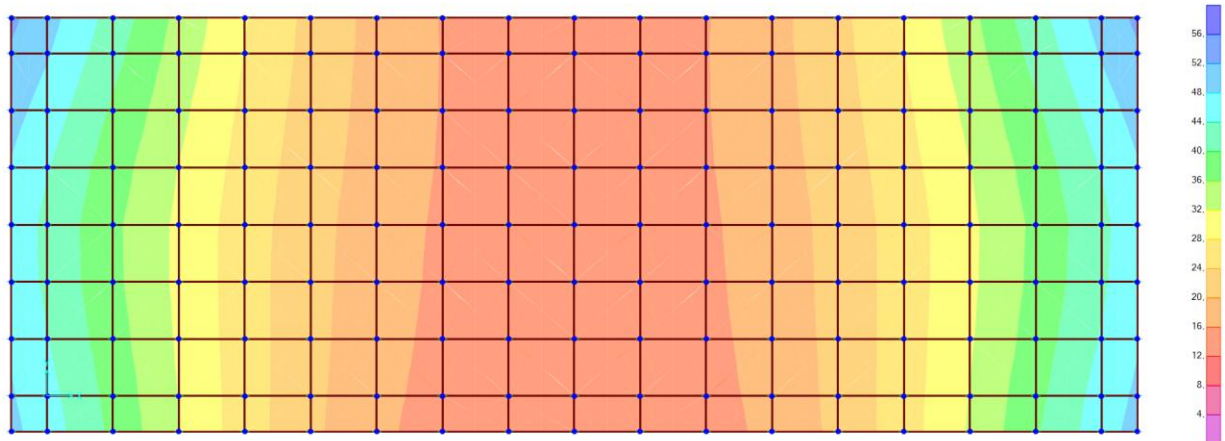


Pianta fondazione – Cedimento verticale massimo di 4,25 mm

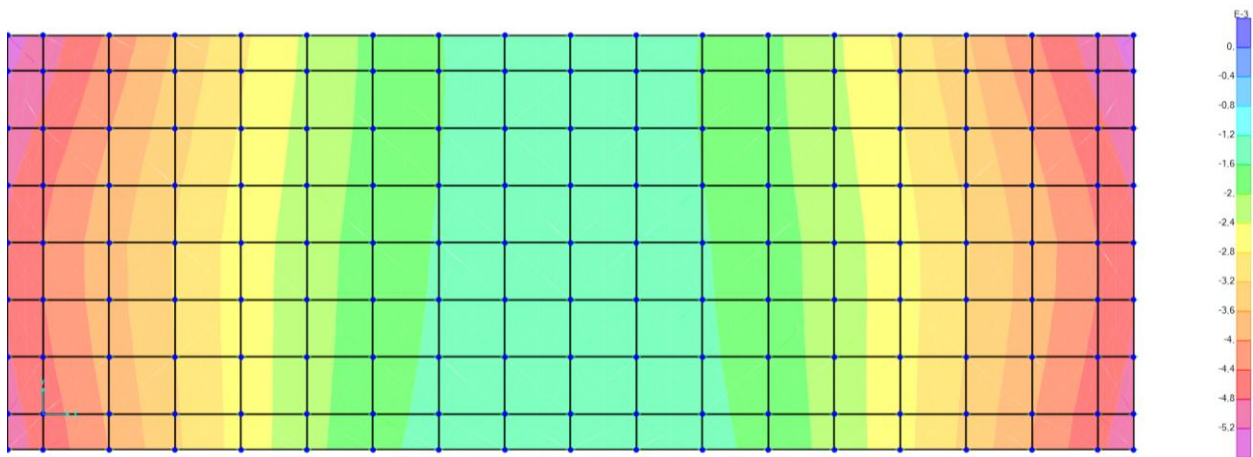
GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

10.2 Pressioni allo SLU_statica

Il seguente grafico mostra le pressioni sul terreno, al di sotto della platea.



Pianta fondazione – Pressioni verticali massima sul terreno di 52,82 kPa



Pianta fondazione – Cedimento verticale massimo di 6,81 mm

10.3 Conclusioni

Si riassumono i risultati ottenuti nelle diverse combinazioni:

- Stato limite di esercizio (**SLE**):
 - Pressione massima 41,70 kPa
 - Cedimento massimo: 4,25 mm
- Stato limite ultimo (**SLU**):
 - Pressione massima 52,82 kPa
 - Cedimento massimo 6,81 mm

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

10.1 Geotecnica – portanza del terreno e cedimenti attesi

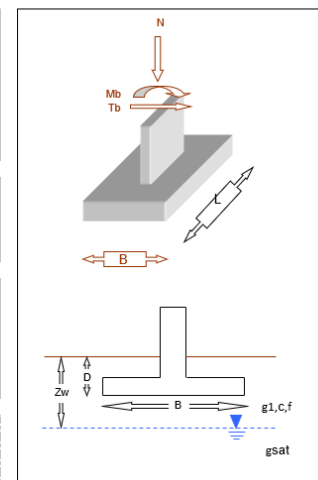
Si riporta stralcio del foglio XLS utilizzato per la verifica geotecnica delle fondazioni. Per maggiori informazioni si rimanda alla Relazione di Calcolo delle Fondazioni.

La verifica della platea viene effettuata considerando in ogni caso l'intero peso del fabbricato.

CARICHI SU PLATEA	kN/m ³	kN/m ²	l	h	s(m)	kN		kN
						SLE	γ	SLU
Peso platea	24		7,9	2,9	0,2	109,97		142,96
PP Pareti ca dir. X	24		7,5	2,8	0,1	100,8	1,3	131,04
PP Pareti ca dir.Y	24		2,5	2,8	0,1	33,6		43,68
PP soletta	24		7,5	2,5	0,1	45		58,5
PP copertura	24		7,5	2,5	0,1	45		58,5
SOVRACCARICO ACCIDENTALE		5	7,5	2,5		93,75	1,5	140,63
TOT					tot	428,12		575,3

$$N_{slu}=575,3 \text{ kN}$$

FONDAZIONI DIRETTE		PLINTO N.		MURO PERIMETRALE	
Tensioni efficaci					
TERRENO					
b1	=	0	°	inclinazione fondazione	ATTENZIONE
b2	=	0	°	inclinazione piano campagna	b1+b2 < 45°
g1	=	18,00	kN/mc	peso specifico efficace	
gsat	=	18,00	kN/mc	peso specifico saturo	
g2	=	18,00	kN/mc	valore di g nel terzo termine del qlim in funzione della posizione della falda se Zw<D o Zw>(D+B)	
c	=	49,60	kN/mq	coesione c'	
f	=	21,9	°	attrito interno terreno sottostante la fondazione	f
Zw	=	1,90	m	profondità falda	
GEOMETRIA FONDAZIONE					
B	=	290	cm	lato fondazione	eb= 0,00 m --> B'= 2,90 m
L	=	740	cm	lunghezza fondazione	el= 0,00 m --> L'= 7,40 m
H	=	20	cm	altezza suola fondazione	
D	=	20	cm	profondità di posa	
AZIONI					
N	=	575,30	kN	Gkfond	41,68
Mb	=	0,00	kNm	Gk	0,00
MI	=	0,00	kNm	Ok	0,00
Tb	=	0,00	kN		
TI	=	0,00	kN		
Ht	=	0,00	kN		
SCEGLI la combinazione					
<input type="radio"/> A1+M1+R1 3 2,3 <input type="radio"/> A2+M2+R2 <input checked="" type="radio"/> A1+M1+R3					
CARICO LIMITE					
qlim	=	1660,24	kN/mq	q=	19,29 kN/mq
				FS	86,08
				verificato	R1 = 1,0 R2 = 1,8 R3 = 2,3
FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: Sd / Hd					
				assente	OK verificato



$$q_{ed}=0,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{lim}=16,60 \text{ kg/cm}^2$$

VERIFICATO

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

11 VERIFICHE DI RESISTENZA

11.1 Fondazioni sp.20 cm

11.1.1 Verifiche SLE

11.1.1.1 Scarico a terra

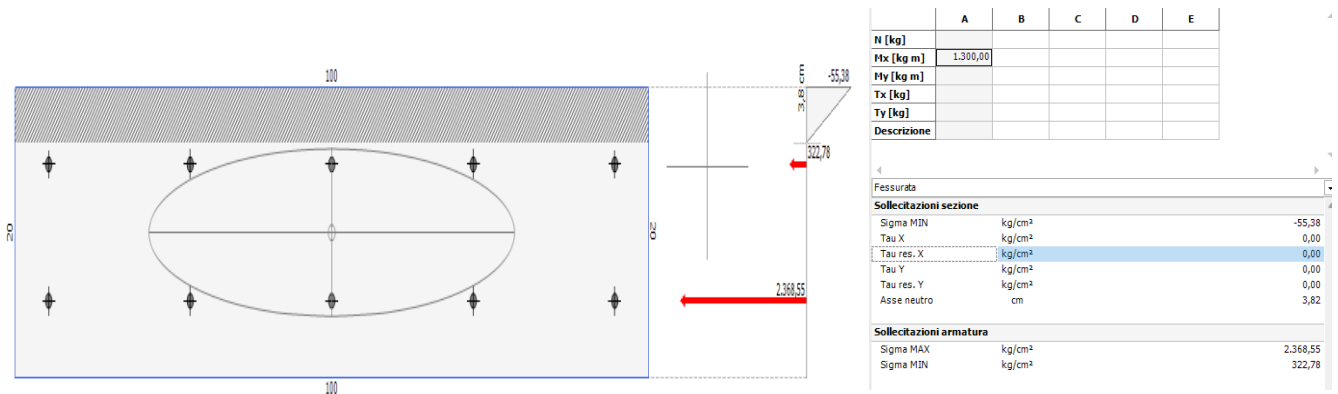
	<i>Parametri</i>	<i>R_d</i>	<i>u.m.</i>
CONDIZIONI STATICHE	Approccio 2	1,2	(kg/cm ²)

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m ▲	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
►	9	SLE RARA VX	Combination	0	0	-0,004252	-0,000462	-0,000985	2E-05
	9	SLE tutto 1 ...	Combination	0	0	-0,004252	-0,000462	-0,000985	2E-05
	12	SLE RARA VX	Combination	0	0	-0,004252	-0,000462	0,000985	-2E-05
	12	SLE tutto 1 ...	Combination	0	0	-0,004252	-0,000462	0,000985	-2E-05
	243	SLE RARA VX	Combination	1,985E-06	1,262E-06	-0,004137	-0,000466	-0,001017	-5,207E-06
	243	SLE tutto 1 ...	Combination	1,985E-06	1,262E-06	-0,004137	-0,000466	-0,001017	-5,207E-06
	246	SLE RARA VX	Combination	-1,985E-06	1,262E-06	-0,004137	-0,000466	0,001017	5,207E-06
	246	SLE tutto 1 ...	Combination	-1,985E-06	1,262E-06	-0,004137	-0,000466	0,001017	5,207E-06
	9	SLE RARA ...	Combination	0	0	-0,004068	-0,000339	-0,000959	1,7E-05
	9	SLE tutto 1 ...	Combination	0	0	-0,004068	-0,000339	-0,000959	1,7E-05
	12	SLE RARA ...	Combination	0	0	-0,004021	-0,000307	0,000949	-1,5E-05
	12	SLE tutto 1 ...	Combination	0	0	-0,004021	-0,000307	0,000949	-1,5E-05
	244	SLE RARA VX	Combination	8,62E-07	2,284E-06	-0,003995	-0,000424	-0,001137	-3,558E-06
	244	SLE tutto 1 ...	Combination	8,62E-07	2,284E-06	-0,003995	-0,000424	-0,001137	-3,558E-06
	245	SLE RARA VX	Combination	-8,62E-07	2,284E-06	-0,003995	-0,000424	0,001137	3,558E-06
	245	SLE tutto 1 ...	Combination	-8,62E-07	2,284E-06	-0,003995	-0,000424	0,001137	3,558E-06

$$\sigma_t = U_3 \times k_w = 0,425 \text{ cm} \times 0,1 \text{ daN/cm}^3 = 0,0425 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_{amm} = 1,00 \text{ daN/cm}^2$$

11.1.1.2 Stato tensionale ammissibile:

Attraverso il software TRAVILOG è stato valutato lo stato tensionale ammissibile:



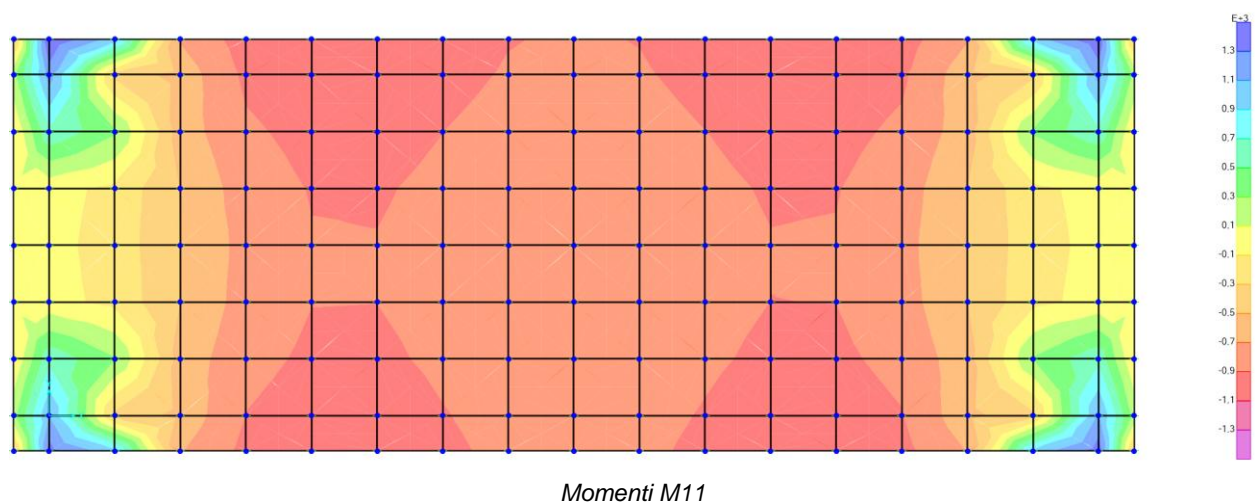
ZONA SP.20cm

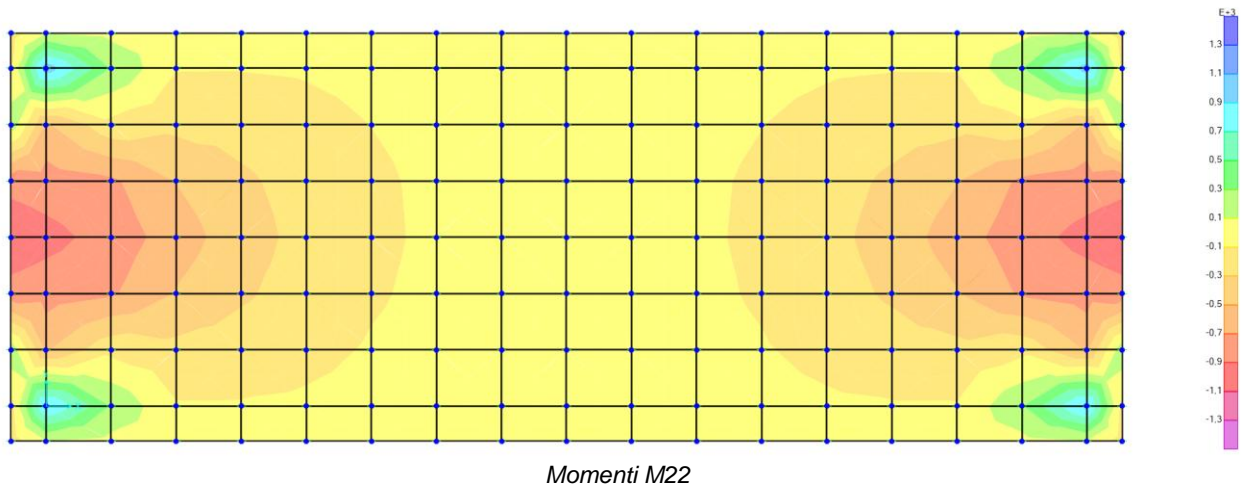
- Armatura diffusa:

- o Superiore Ø10 / 20cm
- o Inferiore Ø10 / 20cm

Mrd=13 kNm/m

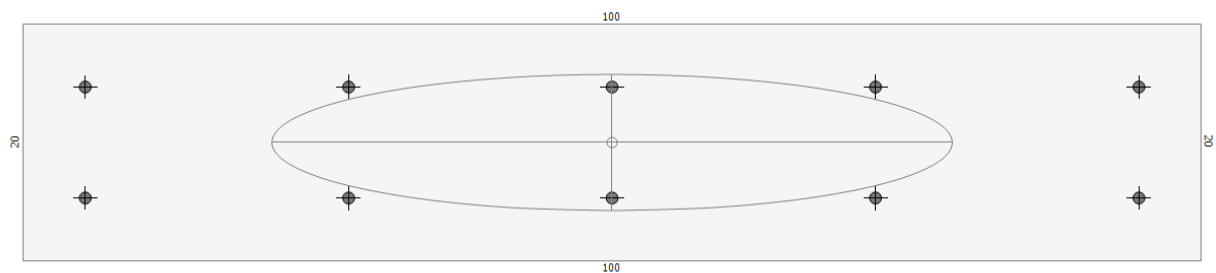
Inserendo tale valore all'interno del software SAP2000:





11.1.2 Verifiche SLU

La platea di fondazione, nella sua sezione corrente armata con $\phi 10/20 \times 20$ inferiori e superiori.



	A	B	C	D	E
N [kg]					
Mx [kg m]	-2.008,00	0,00			
My [kg m]					
Tx [kg]					
Ty [kg]					
Mt [kg m]					
Descrizione					

Fessurata		
Verifica a flessione semplice		
NEd	kg	0,00
MEd	kg m	-2.008,00
MRd	kg m	-2.702,87
Csicherheit	✓	1,35
ϵ_{cls}	‰	3,50
ϵ_{fe}	‰	11,37
Campo		III
ξ		0,235
ξ_{lim}		0,450
δ		0,73

11.1.3 Flessione – INVILUPPO

ZONA SP.20cm

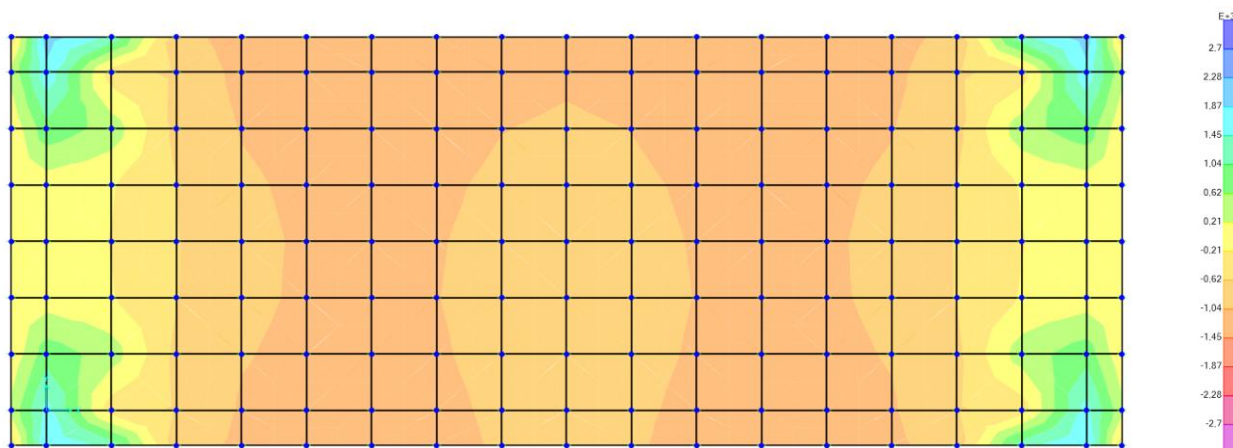
- Armatura diffusa:

- Superiore Ø10 / 20cm
- Inferiore Ø10 / 20cm

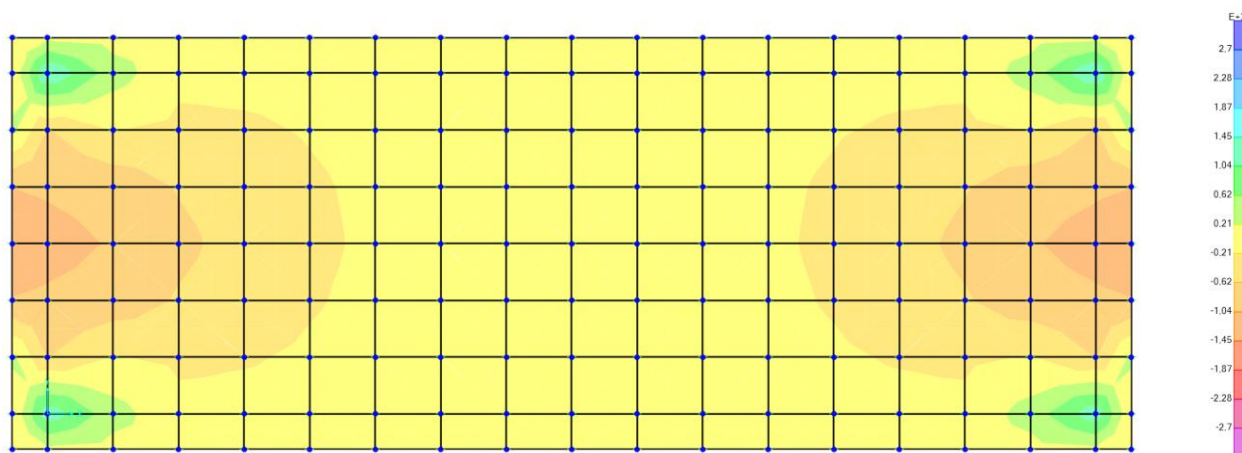
Mrd=27 kNm/m

I grafici seguenti, estratti dal software di calcolo, riportano le azioni flessioni nella combinazione “INVILUPPO” (ovvero il massimo tra tutti le combinazioni di carico).

Il massimo e minimo momento settato sul diagramma di output corrisponde alle capacità della sezione con armatura “diffusa”, di modo che si evidenziano le zone che necessitano di infittimento.



Momenti M11



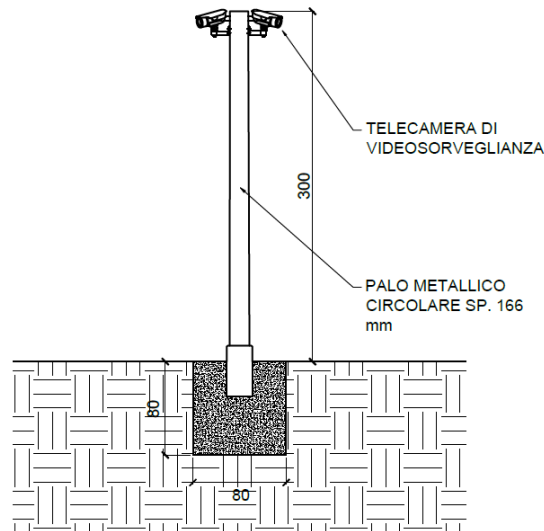
Momenti M22

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

11.2 VERIFICA DI RESISTENZA PALO VIDEOSORVEGLIANZA

Le verifiche di resistenza sono state condotte con le formule classiche della scienza delle costruzioni; Lo schema di calcolo adottato per la valutazione delle sollecitazioni è quello di una mensola, di lunghezza pari a 3,00 m. Il plinto di fondazione è stato dimensionato con le massime sollecitazioni derivanti dal palo sovrastante. Per il calcolo delle strutture si è utilizzato il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Le verifiche vengono eseguite allo stato limite ultimo, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018.



Le azioni di calcolo E_d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo la seguente formula di correlazione:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

Coefficiente STR carichi accidentali $\gamma_Q = 1,50$ (sfavorevoli)

Per il palo di illuminazione è stata effettuata l'unica verifica ritenuta significativa, ossia la verifica a flessione (STR). Per quanto riguarda il plinto di fondazione sono state effettuate le seguenti verifiche:

- verifica a ribaltamento (EQU);
- verifica a scorrimento (GEO);
- verifica di capacità portante del terreno (GEO).
- Nelle verifiche strutturali le azioni sono state moltiplicate per i coefficienti

Per la verifica del palo, il valore del momento sollecitante massimo è pari a:

$$M_{fx} = \gamma_Q \times f_x \times L^2 / 2 = 1,5 \times 0,05 \times 3^2 / 2 = 0,34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{fx} = \gamma_Q \times F_x \times L = 1,5 \times 0,44 \times 3 = 1,98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Il valore del momento di snervamento è pari a:

$$M_y = W_x \cdot \sigma_y / \gamma_{mo} = 102,00 \text{ cm}^3 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,05 = 23,97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Dove il valore del modulo di resistenza plastico vale: $W_{pl} = 102,00 \text{ cm}^3$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Si nota che il momento resistente di progetto $M_{c,Rd}$ risulta maggiore del momento sollecitante alla base del palo $M_{Sd} = M_f + M_F = 1,98 + 0,34 = 2,32 \text{ kNm}$
La verifica pertanto si ritiene soddisfatta essendo $M_{c,Rd} > M_{Sd}$.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

11.2.1 Verifica capacità ammissibile fondazione palo video-sorveglianza

Si riporta di seguito uno stralcio dello "Studio Geognostico" con indicazioni orientative sulla capacità portante di una fondazione ipotizzata rettangolare 80cm x 80cm (a favore di sicurezza).

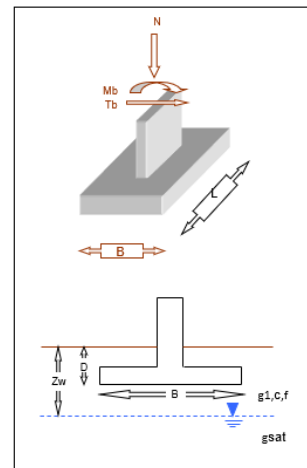
La verifica a viene quindi effettuata secondo l'unico approccio: EQU. Si calcolano il momento ribaltante, MR, dovuto all'azione del vento, ed il momento stabilizzante, MS, dovuto ai pesi propri, rispetto allo spigolo esterno della base del plinto di fondazione. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo in accordo alle prescrizioni delle NTC, si utilizza l'approccio 2 di verifica (A1+M1+R3).

- vento sfavorevole in direzione ortogonale ($Q = 1,5$);
- peso proprio della struttura favorevole ($G = 1$);

Dalla bibliografia esistente sulla zona oggetto dell'intervento, si è ipotizzato un terreno di fondazione caratterizzato dai seguenti parametri:

- Categoria suolo di fondazione C;
- Peso specifico $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$;
- Angolo di attrito $\phi' = 21.9^\circ$;
- Coesione $c = 0,496 \text{ kg/cm}^2$;
- Altezza palo $h = 300 \text{ cm}$;
- Peso specifico cls $\gamma_{cls} = 7800 \text{ kg/m}^3$;
- Peso del palo (solo fusto) $N_p = 20,10 \text{ kg/m}$;
- perimetro fusto $p = 168 \text{ mm}$;

FONDAZIONI DIRETTE				PLINTO N.	MURO PERIMETRALE
Tensioni efficaci					
TERRENO					
b1	=	0	*	inclinazione fondazione	ATTENZIONE
b2	=	0	*	inclinazione piano campagna	b1+b2 < 45°
g1	=	18,00	kN/mc	peso specifico efficace	
gsat	=	18,00	kN/mc	peso specifico saturo	
g2	=	18,00	kN/mc	valore di g nel terzo termine del qlim in funzione della posizione della falda se $Z_w < D$ o $Z_w > (D+B)$	
c	=	0,00	kN/mq	coesione c'	
f	=	21,9	°	attrito interno terreno sottostante la fondazione	f
Zw	=	1,90	m	profondità falda	
GEOMETRIA FONDAZIONE				FONDAZIONE RIDOTTA	
B	=	80	cm	lato fondazione	eb= 0,10 m → B'= 0,61 m
L	=	80	cm	lunghezza fondazione	el= 0,10 m → L'= 0,61 m
H	=	80	cm	altezza suola fondazione	
D	=	80	cm	profondità di posa	
AZIONI				SCEGLI la combinazione	
N	=	13,55	kN	Gkfond	-52,83
Mb	=	1,32	kNm	Gk	0,00
MI	=	1,32	kNm	Ok	0,00
Tb	=	0,00	kN		0,00
TI	=	0,00	kN		0,00
Ht	=	0,00	kN		0,00
CARICO LIMITE				PRESSIONE AGENTE	
qlim	=	224,89	kN/mq	q	37,00 kN/mq
	=	2,25	kg/cmq		0,37 kg/cmq
FATTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: Sd / Hd				assente	OK verificato



$$q_{ed} = 0,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{lim} = 2,25 \text{ kg/cm}^2$$

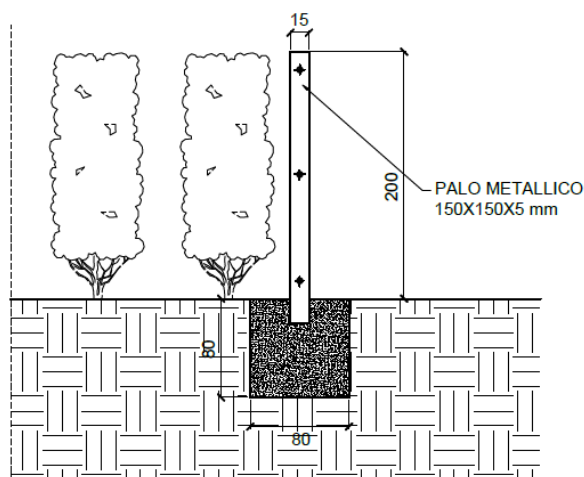
VERIFICATO

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

11.3 Verifica di resistenza palo recinzione

Le verifiche di resistenza sono state condotte con le formule classiche della scienza delle costruzioni; Lo schema di calcolo adottato per la valutazione delle sollecitazioni è quello di una mensola, di lunghezza pari a 2,00 m. Il plinto di fondazione è stato dimensionato con le massime sollecitazioni derivanti dal palo sovrastante. Per il calcolo delle strutture si è utilizzato il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Le verifiche vengono eseguite allo stato limite ultimo, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018.



Le azioni di calcolo E_d si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo la seguente formula di correlazione:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
- $$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

Coefficiente STR carichi accidentali $\gamma_Q = 1,50$ (sfavorevoli)

Per il palo di illuminazione è stata effettuata l'unica verifica ritenuta significativa, ossia la verifica a flessione (STR). Per quanto riguarda il plinto di fondazione sono state effettuate le seguenti verifiche:

- verifica a ribaltamento (EQU);
- verifica a scorrimento (GEO);
- verifica di capacità portante del terreno (GEO).
- Nelle verifiche strutturali le azioni sono state moltiplicate per i coefficienti

Per la verifica del palo, il valore del momento sollecitante massimo è pari a:

$$M_{fx} = \gamma_Q \times f_x \times L^2 / 2 = 1,5 \times 0,11 \times 2^2 / 2 = 0,33 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Il valore del momento di snervamento è pari a:

$$M_y = W_x \cdot \sigma_y / \gamma_{mo} = 102,00 \text{ cm}^3 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2 / 1,05 = 23,97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Dove il valore del modulo di resistenza plastico vale: $W_{pl} = 102,00 \text{ cm}^3$

Si nota che il momento resistente di progetto $M_{c,Rd}$ risulta maggiore del momento sollecitante alla base del palo $M_{Sd} = M_f = 0,34 = 2,32 \text{ kNm}$

La verifica pertanto si ritiene soddisfatta essendo $M_{c,Rd} > M_{Sd}$.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

11.3.1 Verifica capacità ammissibile fondazione palo recinzione

Si riporta di seguito uno stralcio dello "Studio Geognostico" con indicazioni orientative sulla capacità portante di una fondazione ipotizzata rettangolare 40cm x 40cm (a favore di sicurezza).

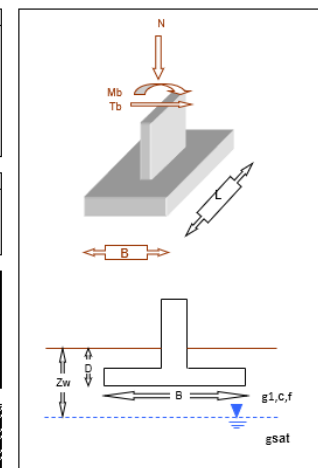
La verifica a viene quindi effettuata secondo l'unico approccio: EQU. Si calcolano il momento ribaltante, MR, dovuto all'azione del vento, ed il momento stabilizzante, MS, dovuto ai pesi propri, rispetto allo spigolo esterno della base del plinto di fondazione. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo in accordo alle prescrizioni delle NTC, si utilizza l'approccio 2 di verifica (A1+M1+R3).

- vento sfavorevole in direzione ortogonale ($Q = 1,5$);
- peso proprio della struttura favorevole ($G = 1$);

Dalla bibliografia esistente sulla zona oggetto dell'intervento, si è ipotizzato un terreno di fondazione caratterizzato dai seguenti parametri:

- Categoria suolo di fondazione C;
- Peso specifico $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$;
- Angolo di attrito $\varphi' = 21,9^\circ$;
- Coesione $c = 0,496 \text{ kg/cm}^2$;
- Altezza palo $h = 200 \text{ cm}$;
- Peso specifico cls $\gamma_{cls} = 7800 \text{ kg/m}^3$;
- Peso del palo (solo fusto) $N_p = 16,08 \text{ kg/m}$;

FONDAZIONI DIRETTE				PLINTO N.	MURO PERIMETRALE
Tensioni efficaci					
TERRENO					
γ_1	=	0	*	inclinazione fondazione	ATTENZIONE
γ_2	=	0	*	inclinazione piano campagna	b_1+b_2
γ_1	=	18,00	kN/mc	peso specifico efficace	< 45°
γ_{sat}	=	18,00	kN/mc	peso specifico saturo	
γ_2	=	18,00	kN/mc	valore di g nel terzo termine del qlim in funzione della posizione della falda se $Z_w < D$ o $Z_w > (D+B)$	
c	=	0,00	kN/mq	coesione c'	
φ	=	21,9	°	attrito interno terreno sottostante la fondazione	f
Z_w	=	1,90	m	profondità falda	
GEOMETRIA FONDAZIONE					FONDAZIONE RIDOTTA
b	=	40	cm	lato fondazione	$eb = 0,40 \text{ m} \rightarrow B' = -0,51 \text{ m}$
l	=	40	cm	lunghezza fondazione	$el = 0,40 \text{ m} \rightarrow L' = -0,51 \text{ m}$
t	=	40	cm	altezza suola fondazione	
z	=	40	cm	profondità di posa	
AZIONI				Gkfond	Gk
v	=	3,26	kN	-62,70	0,00
l/b	=	1,32	kNm	0,00	0,00
l/l	=	1,32	kNm	0,00	0,00
r_b	=	0,00	kN	0,00	0,00
r_l	=	0,00	kN	0,00	0,00
tt	=	0,00	kN	0,00	0,00
				SCEGLI la combinazione	
				<input type="radio"/> A1+M1+R1	3
				<input type="radio"/> A2+M2+R2	2,3
				<input checked="" type="radio"/> A1+M1+R3	
CARICO LIMITE				PRESSIONE AGENTE	
q_{lim}	=	65,06	kN/mq	$q = 12,56$	kN/mq
	=	0,65	kg/cmq	0,13	kg/cmq
FAITTORE DI SICUREZZA ALLO SCORRIMENTO: S_d / H_d				assente	OK verificato



$$q_{ed} = 0,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{lim} = 0,65 \text{ kg/cm}^2$$

VERIFICATO

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

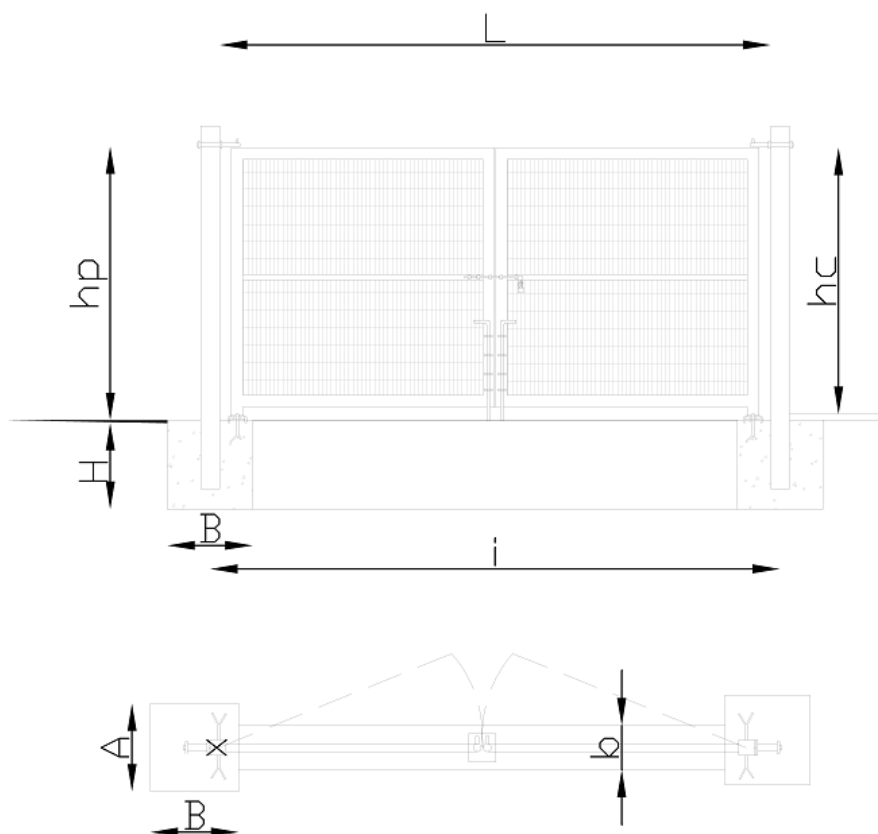
11.4 Verifica di resistenza cancello

La presente relazione di calcolo interessa la verifica dei pilastrini in acciaio, la verifica della capacità portante del terreno di fondazione e la verifica degli elementi di fondazione.

Le verifiche degli elementi strutturali sono eseguite prendendo in conto le seguenti fasi:

- cancello chiuso;
- cancello in fase di apertura e sorretto da un solo pilastro (evento di brevissima durata);
- cancello semi-aperto o mantenuto completamente aperto (evento di lunga durata);

Il cancello oggetto di verifica presenta il seguente schema strutturale:



- Lunghezza cancello (L): 5,00 m
- Altezza cancello (hc): 2.00 m
- Distanza pilastrini cancello (d) : 0.20 m
- Interasse pilastrini cancello (i) : 5,40 m
- Altezza pilastrini cancello (Hp) m. : 2.00
- Lung. plinto di fondazione (A) : 0.80 m
- Largh. plinto di fondazione (B) : 0.80 m
- Altezza plinto di fondazione (H) : 1.30
- Larghezza trave di collegamento plinti (b) : 0.40 m
- Altezza trave di collegamento (h) : 0.60 m
- Peso cancello : 3,20 kN

Le verifiche vengono eseguite allo stato limite ultimo, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

Le azioni di calcolo Ed si ottengono combinando le azioni caratteristiche secondo la seguente formula di correlazione:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

Coefficiente STR carichi pesi propri $\gamma_{G1} = 1,30$ (sfavorevoli)

Coefficiente STR carichi pesi propri $\gamma_{G2} = 1,50$ (sfavorevoli)

Coefficiente STR carichi accidentali $\gamma_Q = 1,50$ (sfavorevoli)

11.4.1 Verifica cancello chiuso

La verifica della sezione dei profilati del cancello viene eseguita a cancello chiuso e interessa soltanto il profilato superiore del cancello essendo quello maggiormente sollecitato. I carichi considerati sono quelli derivanti dalla pressione del vento e peso proprio considerati come carichi concentrati applicati alla struttura di fondazione.

$$Q = \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot QK1 + \sum \gamma_{Qj} \psi_{0j} QKj$$

I carichi agenti sono:

Cancello									
	daN/m3	kN/m2	L	lar.	h	S	daN	GAMMA	daN
PP cancello	7850		2	5	-	0,004	314,00	1,3	408,20
Vento		67	2	-	5	-	670	1,05	703,5
TOT SLE							984,00		
TOT SLU									1.112,40

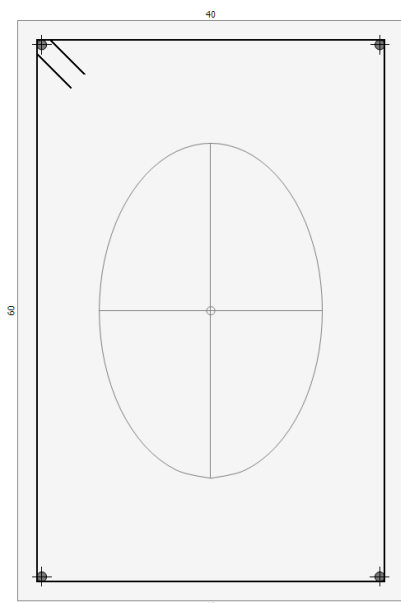
Le azioni che agiscono sulla fondazione sono il carico verticale del cancello e il momento che il vento genera sulla cancellata.

Ned= 4,08 kN ;

Med= Qvento x L/2 = 7,04 x 5/2 = 17, 60 kNm ;

Attraverso il software TRAVILOG è stato valutato lo stato tensionale ammissibile:

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--



$$K = 1.93$$

SLU					
	A	B	C	D	E
N [kN]	4,09				
Mx [kN m]	17,50				
My [kN m]					
Tx [kN]					
Ty [kN]					
Mt [kN m]					
Descrizione					
Fessurata					
Verifica a trazione-flessione semplice					
NEd	kN				4,09
MEd	kN m				17,50
Mrd	kN m				33,86
Cilindrata					1,93
e ds	%				2,68
e fs	%				67,50
Campo					IIb
ξ					0,038
ξ lim					0,450
δ					0,70
Dettagli costruttivi					
CRITERIO STATICO					
Armatura longitudinale					
A tesa Min	cm²				3,01
A Max	cm²				96,00
Staffe					
Passo campata	cm				9,4
Passo appoggio	cm				9,4

ZONA SP. 60 cm

- Armatura diffusa:
 - o Superiore 2 Ø10
 - o Inferiore 2 Ø10

$$Mrd=33,86 \text{ kNm/m}$$

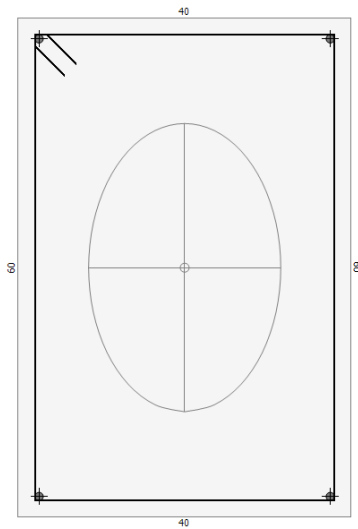
VERIFICATO

11.4.2 Verifica cancello aperto

Viene eseguita anche la verifica del cancello aperto dove in questo caso le azioni del peso proprio e neve sono considerati come momenti impressi alla trave di fondazione.

$$M_{ed} = Q_{vento} \times L/2 + P_p \times L/2 = 7,04 \times 5/2 + 4,08 \times 5/2 = 17,60 + 10,2 = 27,60 \text{ kNm};$$

Attraverso il software TRAVILOG è stato valutato lo stato tensionale ammissibile:



$$K = 1.27$$

SLU					
	A	B	C	D	E
N [kN]					
Mx [kN m]	27,60				
My [kN m]					
Tx [kN]					
Ty [kN]					
Mt [kN m]					
Descrizione					
Fessurata					
Verifica a flessione semplice					
NEd		kN			0,00
MEd		kN m			27,60
MEd		kN m			35,02
Cicurezza					1,27
ϵ_{cls}		‰			2,74
ϵ_{fe}		‰			67,50
Campo					IIB
ξ					0,039
ξ_{lim}					0,450
δ					0,70
Dettagli costruttivi					
CRITERIO STATICO					
Armatura longitudinale					
A tesa Min		cm ²			3,01
A Max		cm ²			96,00
Staffe					
Passo campata		cm			9,4
Passo appoggio		cm			9,4

ZONA SP. 60 cm

- Armatura diffusa:

- Superiore 2 Ø10
- Inferiore 2 Ø10

Mrd=35,05 kNm/m

VERIFICATO

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	LUMISTUDIO SRL Strada 4, palazzo Q8,5° piano Centro Direzionale Milanofiori 20089 Rozzano (MI) Tel. +39 02.49443671 info@lumistudio.it
---	--

12 CONCLUSIONI

Le verifiche preliminari riportate nei paragrafi precedenti sono state eseguite considerandole specifiche delle norme tecniche per le costruzioni (NTC) del 17/01/2018 e della relativa circolare esplicativa; le verifiche, integralmente soddisfatte.

Si ritiene quindi che gli interventi illustrati in precedenza rientrino nell'ambito degli Interventi Privi di Rilevanza per la Pubblica Incolumità ai Fini Sismici previsti dalla Delibera di Giunta Regionale n°2272/2016.