



Regione Emilia-Romagna
Provincia di Bologna
Comune di Camugnano
Comune di Castiglione dei Pepoli

PROGETTO DEFINITIVO

Nome progetto

"Eolico Camugnano"

Oggetto

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nei Comuni di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).

Titolo

Relazione di calcolo fondazioni

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.R.L.
Via della Chimica 103
85100 Potenza (PZ)

Progettista:



SYNERGY S.R.L.
Via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 - Castel Maggiore (BO)

Il professionista:
Ing. Pierpaolo Semproli
(c/o Teleios srl - progettista opere civili)

7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
0	08/03/2024	EMISSIONE	Ing. F. Fiorelli	Ing. P. Semproli	Ing. L. Malservisi
Rev.	Data	Motivo Revisione	Eseguito	Verificato	Approvato

Tipologia: RELAZIONE	Formato: A4	Foglio: -
Scala: -	File: SYN036.PD.RC.011_00	Tavola: N° SYN036.PD.RC.011

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORME E RACCOMANDAZIONI GENERALI	4
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
2.3	ARTICOLI E LIBRI GENERALI	4
2.4	FONDAZIONI SUPERFICIALI IN CAMPO STATICO E SISMICO	5
3	GEOMETRIA DELLE FONDAZIONI.....	6
3.1	FONDAZIONE PCS (SISTEMA DI CONVERSIONE DI POTENZA)	6
3.2	FONDAZIONE MODULO TAC	8
3.3	FONDAZIONE CABINATI BATTERIE.....	9
3.4	FONDAZIONE CABINA DI CONSEGNA.....	10
4	ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE	12
4.1	CARICHI PERMANENTI	12
4.1.1	Carico dovuto al peso proprio degli elementi strutturali	12
4.1.2	Carichi permanenti CABINA DI CONSEGNA	12
4.1.3	Carichi permanenti CABINATO PCS	13
4.1.4	Carichi permanenti CABINATO BATTERIE	13
4.1.5	Carichi permanenti CABINATO TAC.....	13
4.2	CARICHI VARIABILI.....	14
4.2.1	Azione della neve.....	14
4.2.2	Azione del vento	16
4.3	AZIONE SISMICA DIR. $\pm X$, $\pm Y$	18
4.4	CARICHI AGENTI SULLE FONDAZIONI.....	19
4.4.1	Cabina di consegna	20
5	MATERIALI UTILIZZATI	21
5.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER OPERE NON STRUTTURALI	21
5.2	CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FONDAZIONI.....	21
5.3	ACCIAIO PER ARMATURE	22
6	PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	23
7	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO.....	24
8	MODELLAZIONE FEM DELLE FONDAZIONI	25
8.1	ORIGINE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO	25
8.2	COSTANTE DI SOTTOFONDO PER TERRENO ALLA WINKLER	25
8.3	CABINATO PCS.....	27
8.3.1	Dettagli sulla modellazione strutturale.....	29
8.3.2	Dati relativi agli elementi finiti adottati	29
8.3.3	Dati relativi combinazioni di carico	32
8.3.4	Dati relativi alle aree di carico	34
8.4	CABINATO BATTERIE	36
9	FONDAZIONI SUPERFICIALI – ASPETTI PROGETTUALI DI BASE	38
9.1	CONSIDERAZIONI GENERALI	38
9.2	CENNI SUL CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE IN CAMPO STATICO.....	38
9.3	CENNI SUL CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE IN CAMPO SISMICO	39
10	VERIFICHE GEOTECNICHE DI RESISTENZA DELLE FONDAZIONI.....	40
10.1	CABINATO PCS.....	41
10.1.1	Verifica in campo statico	41

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)



**Relazione di calcolo
fondazioni BESS**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

10.1.2	Verifica in campo sismico	46
10.2	CABINATO TAC.....	51
10.2.1	Verifica in campo statico	51
10.2.2	Verifica in campo sismico	51
10.3	CABINATO BATTERIE	52
10.3.1	Verifica in campo statico	52
10.3.2	Verifica in campo sismico	52
10.4	CABINA DI CONSEGNA	53
10.4.1	Verifica in campo statico	53
10.4.2	Verifica in campo sismico	53
11	VERIFICHE GEOTECNICHE DI FUNZIONALITÀ DELLA FONDAZIONE	54
11.1	CABINATO PCS.....	55
11.2	CABINATO TAC.....	56
11.3	CABINATO BATTERIE	57
11.4	CABINA DI CONSEGNA	58
12	PROGETTAZIONE STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE	59
12.1	CABINATO PCS.....	60
12.1.1	Verifica soletta di base.....	63
12.1.2	Verifica parete lunga controterra	66
12.1.3	Verifica parete corta controterra	69
12.2	CABINATO BATTERIE	73
12.2.1	Verifica soletta di base.....	75
13	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	78

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo, geotecnico e strutturale, inerente le strutture di fondazione relative alla stazione di accumulo BESS, che sarà prevista nell'ambito del progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nel Comune di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).



La relazione è redatta sulla base della relazione geologica per la caratterizzazione dei terreni.

Il calcolo è stato effettuato in accordo con quanto previsto nelle “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17/01/2018 e relativa Circolare Ministeriale 21/01/2019 n.7.

Maggiori dettagli saranno forniti nei paragrafi seguenti. Saranno esposti i motivi delle scelte progettuali adottate per le strutture nonché gli elementi occorrenti per una corretta lettura e interpretazione della documentazione tecnica. Saranno quindi illustrati i modelli di calcolo implementati per la progettazione e le analisi svolte per i carichi verticali e le azioni sismiche secondo le indicazioni normative.

Gli aspetti principali oggetto della presente relazione comprendono anche:

- Entità e modalità di applicazione delle azioni, in accordo con le indicazioni di norma e secondo le schede tecniche delle macchine da installare;
- L'entità e le modalità di applicazione delle azioni sismiche, in accordo con le indicazioni di norma;
- Il tipo di analisi effettuate;
- Sintesi dei risultati ottenuti, in termini di spostamenti, pressioni e coefficiente di sicurezza.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I progetti dovranno rispettare tutte le leggi e i regolamenti regionali e comunali in vigore. Di seguito è fornita una lista non esaustiva.

2.1 Norme e raccomandazioni generali



- /1/ D.M.Infrastrutture e trasporti del 17.01.2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- /2/ Circolare Ministero Infrastrutture e trasporti del 21.01.2019 n.7: "Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle « Norme tecniche per le costruzioni» " di cui al D.M. del 17-01-2018.
- /3/ UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici".
- /4/ UNI EN 1997-1 – Eurocodice 7: "Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali". Febbraio 2005.
- /5/ UNI EN 1998-5 – Eurocode8: " Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici". Gennaio 2005.

2.2 Documentazione di riferimento

- /6/ Relazione geologica a cura e firma del Dott. Geol. Rocco Carbonella. Doc. codice SYN036.PD.RG.001.
- /7/ Relazione geotecnica. Doc. codice SYN036.PD.RG.002.
- /8/ BESS: Relazione di calcolo delle opere civili. Doc. codice SYN036.PD.RC.010.
- /9/ BESS: Planimetria generale. Doc. codice SYN036.PD.DP.012.
- /10/ BESS: Casseratura e armature fondazioni. Doc. codice SYN036.PD.DT.014.

2.3 Articoli e libri generali

- /11/ Associazione geotecnica Italiana: "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica". Linee Guida. Ed. Marzo 2005.
- /12/ Fardis – Carvalho – Elnashai – Faccioli – Pinto: Designers' guide to EN 1998-1 and EN 1998-5. Thomas Telford Editor, 2005
- /13/ MIR 2008 – Opere geotecniche in condizioni sismiche.- Torino 2008
- /14/ ICOF 2008 – Proceeding of the second British Geotechnical Association International Conference of Foundation – 2008 Dundee – Bre press.
- /15/ Tomlinson, M. J. – "Foundation design and construction" 7th edition. Prentice Hall, 2001.
- /16/ Bruschi, A. (2010). Prove Geotecniche in situ. Dario Flacovio Editore.
- /17/ Tomlinson M.J.– "Foundation Design and Conctruction" 7th edition, Pearson Educational., 2001

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

2.4 Fondazioni superficiali in campo statico e sismico

- /18/Brinch – Hansen: “A revised and extended formula for bearing capacity”. Danish Geoth. Inst. Bull., 28, 1970.
- /19/Vesic: “Bearing capacity of shallow foundation” in Foundation Engineering Handbook. 1975
- /20/G.Cortellazzo – A.Mazzuccato: “Eurocodice 7: fondazioni superficiali” RIG, n.2/3, pp.42-51, 1997
- /21/Poulos, H.G., Carter, J.C. and Small J.C. (2001). Foundations and retaining structures – Research and practice. Proc. XV Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Istanbul, 4, 2527-2606.
- /22/R.Richards – D.Elms – M.Budhu: “Seismic bearing capacity and settlement of foundation”, Jour. Geoth. Engng. ASCE, Vol. 119, No.4, pp.662-674, 1993.
- /23/Franceschini – Carbonella-Confronto tra i vari metodi di calcolo delle capacità portanti di fondazioni superficiali in terreni sabbiosi in zona sismica. – INARCOS n.666 – Gennaio - Febbraio 2006.
- /24/S.Sarma – S. Iossifelis: “Seismic bearing capacity factor of shallow strip footings”; Geotechnique 40,No.2, pp.265-273, 1990.
- /25/R.Paolucci – A.Pecker: “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soil”, Soil and Foundation, Vol. 37, No.3, pp.95-105, 1997
- /26/M.Maugeri – D.Novità: “Numerical model for the evaluation of the soil inertia effects on bearing capacity” Proc. Int. Conf. On Soil Dynamics and Earthquake Eng. 2004.
- /27/J.Kumar – Mohan Rao: “Seismic bearing capacity factors for spread foundations”; Geotechnique 52.No.2, pp.79-88, 2002.
- /28/D.Choudhury – K.Subba Rao: “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation” Geoth and Geol. Engng. No.23, pp.403-418, 2005
- /29/J.Kumar – Mohan Rao: “Seismic bearing capacity factors for spread foundations” Discussion; Geotechnique 52.No.2.
- /30/J.Kumar – Mohan Rao: “Seismic bearing capacity of foundations on slopes”; Geotechnique 53.No.3, pp.347-361, 2003.

3 GEOMETRIA DELLE FONDAZIONI

Di seguito si riporta la descrizione della geometria delle fondazioni adottate per sorreggere le apparecchiature in oggetto.

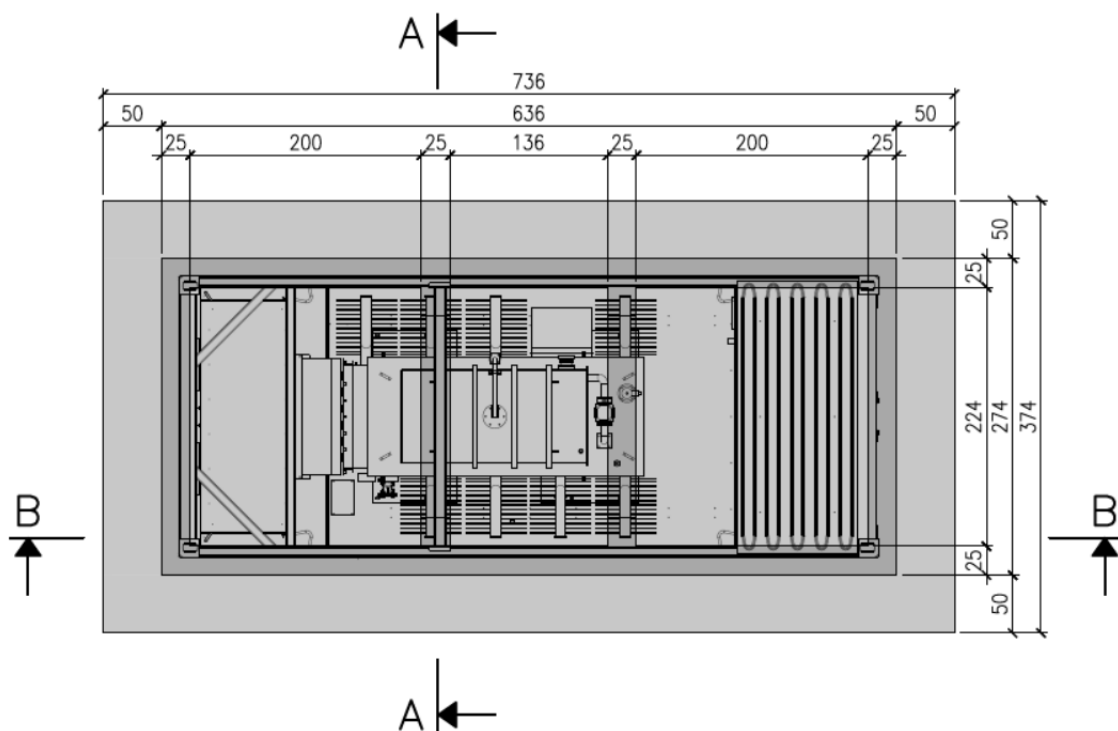
Le fondazioni saranno realizzate in opera in conglomerato cementizio armato.

3.1 FONDAZIONE PCS (Sistema di conversione di potenza)

La fondazione delle cabine PCS è costituita da una platea di appoggio sul terreno esistente di dimensioni 736x374cm e spessore 30cm. Dalla platea si ergono n.4 pareti contro terra in c.c.a. a formare la vasca esterna, di spessore 25cm e altezza 80cm.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -1.10m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a +0.10m dal piano finito. Intorno alla fondazione si prevede la realizzazione di un declivio di terreno riportato e compattato.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



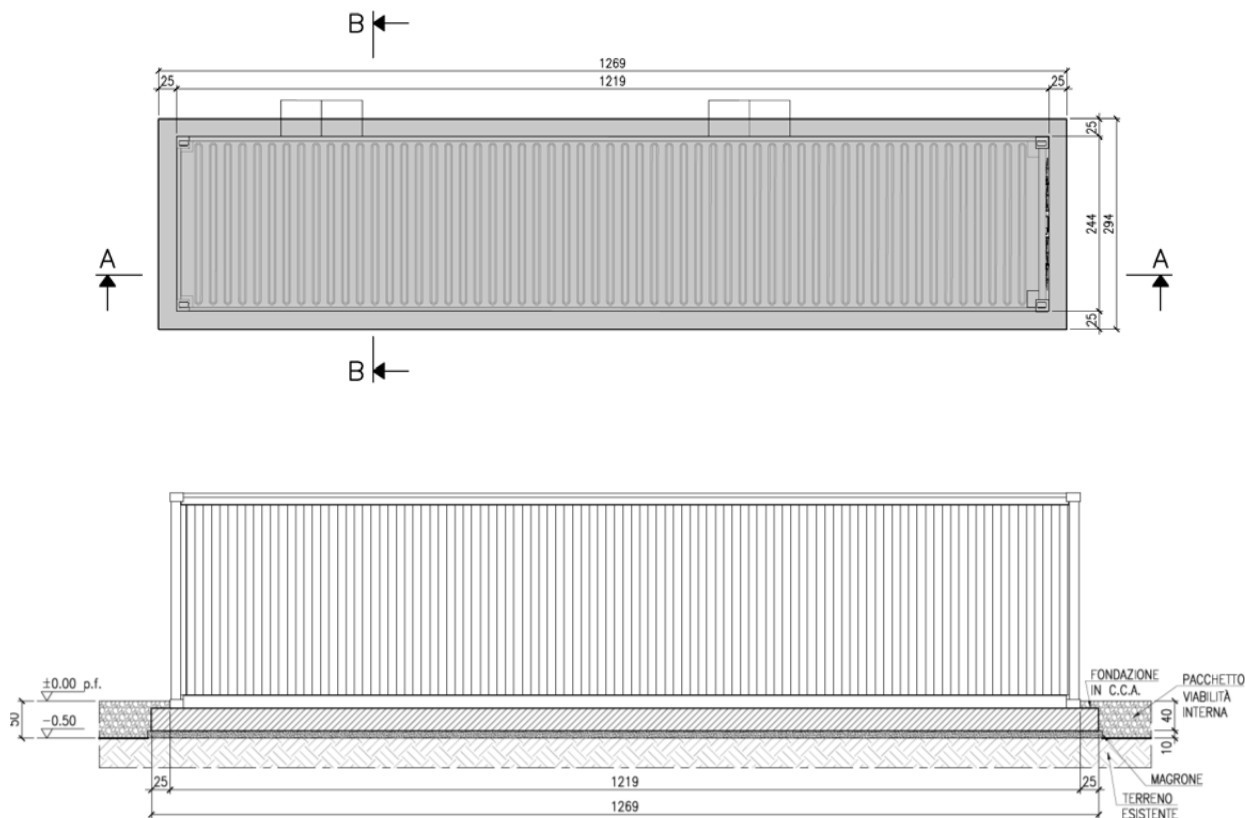
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

3.2 FONDAZIONE MODULO TAC

La fondazione del cabinato TAC è costituita da una platea di appoggio sul terreno esistente di dimensioni 1269x294cm e spessore 30cm.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -0.50m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a -0.10m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



Il cabinato metallico sarà opportunamente ancorato alla fondazione.

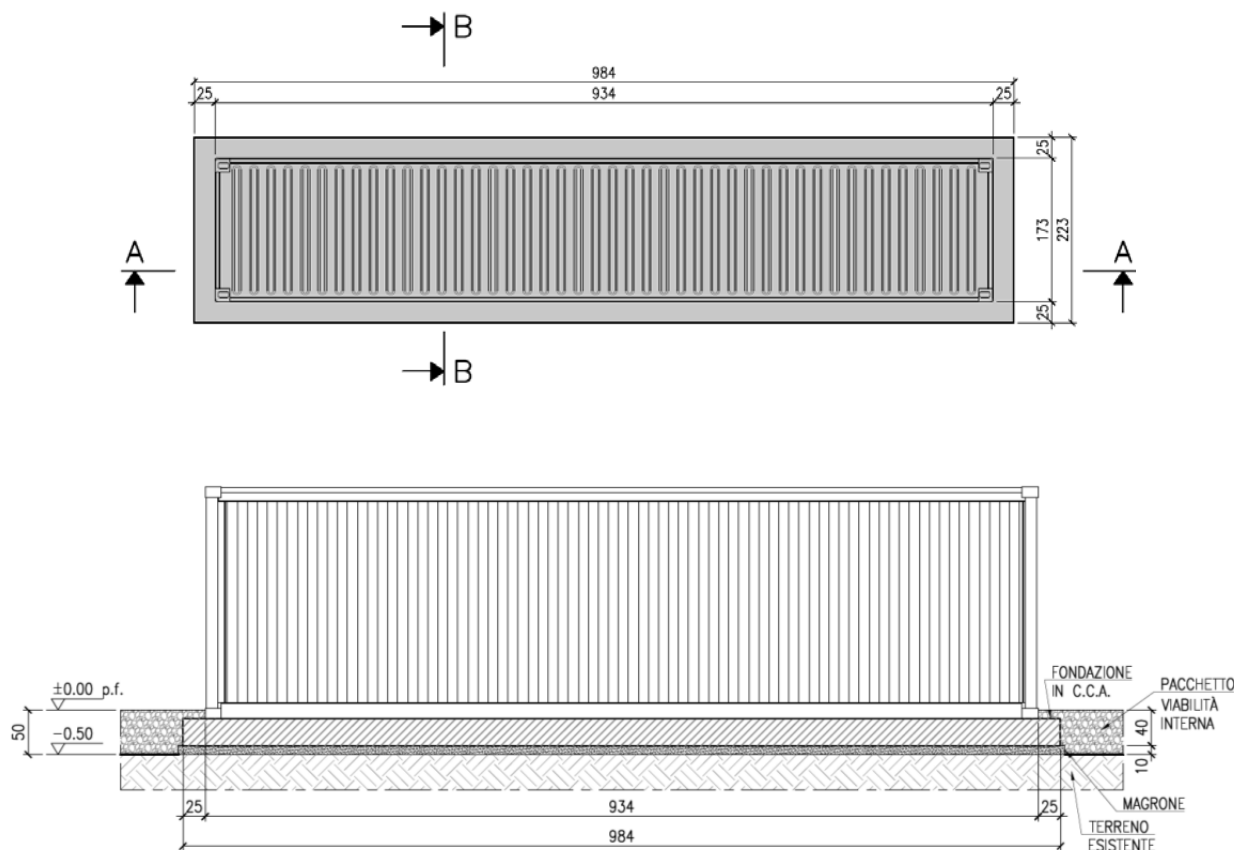
Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.

3.3 FONDAZIONE CABINATI BATTERIE

La fondazione dei cabinati contenenti le batterie è costituita da una platea di appoggio sul terreno esistente di dimensioni 984x223cm e spessore 30cm.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -0.50m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a -0.10m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



Il cabinato metallico sarà opportunamente ancorato alla fondazione.

Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

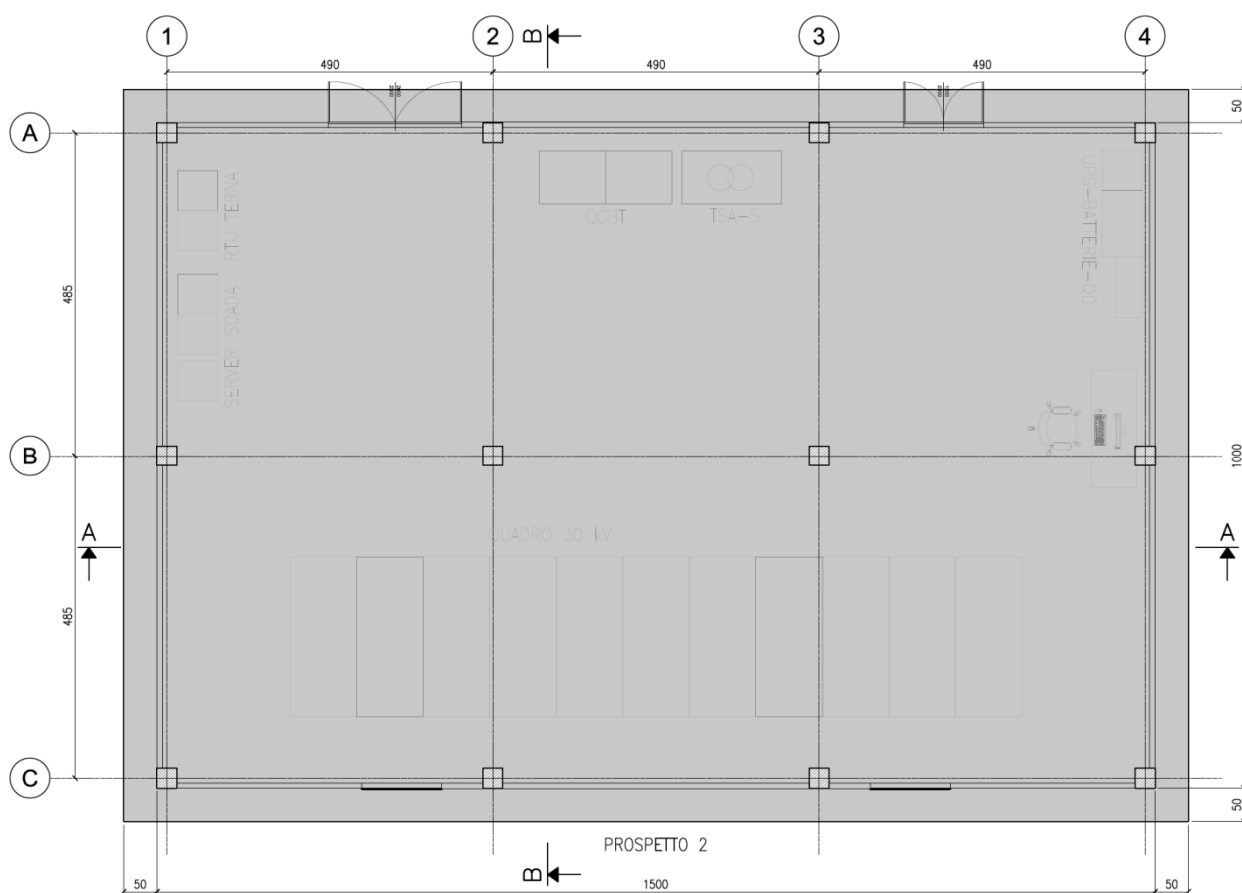
3.4 FONDAZIONE CABINA DI CONSEGNA

La cabina di consegna è costituita da un edificio con struttura monopiano a telaio in c.c.a. realizzato in opera.

La fondazione è costituita da una platea nervata che appoggia sul terreno, avente dimensioni 1100x1600cm e spessore 30cm. In corrispondenza degli allineamenti che collegano, nelle due direzioni, i pilastri si realizzano delle nervature – intradossate – di irrigidimento di dimensioni 30x50 cm.

Il piano di imposta della fondazione si trova a -0.55m dal piano finito, appoggiato su uno strato di 10cm di calcestruzzo magro. L'estradosso della fondazione, finito, si trova a -0.25m dal piano finito.

Si riportano alcuni schemi grafici a chiarimento della geometria sopra descritta.



Progettazione:



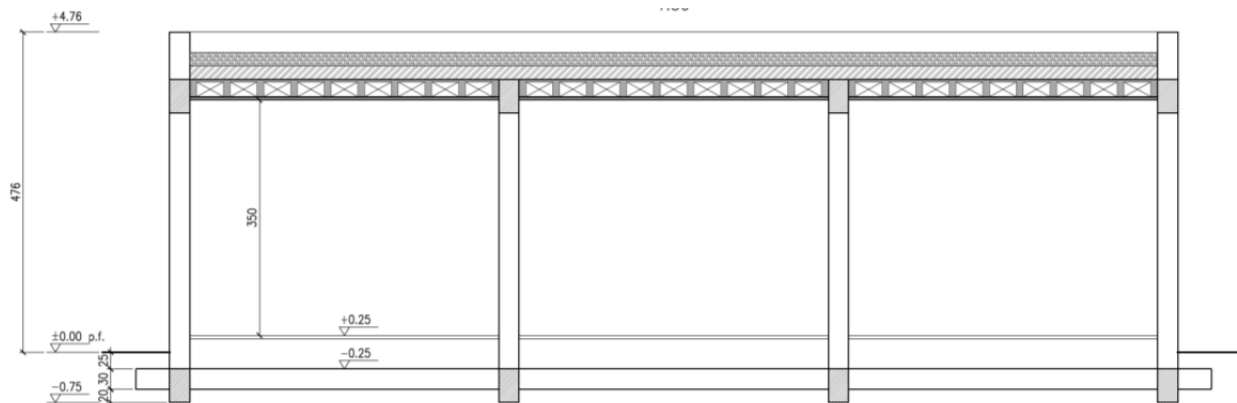
via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)



Le fondazioni saranno realizzate con calcestruzzo di classe di resistenza minima pari a C32/40 così come classificato dalla normativa nazionale. L'acciaio costituente le barre di armatura, è del tipo ad aderenza migliorata B450C e con le caratteristiche richieste nella relazione sui materiali allegata alla presente e comunque in accordo con quanto previsto nelle NTC 2018.

4 ANALISI DEI CARICHI AGENTI SULLA FONDAZIONE

Si riporta nel presente capitolo un compendio delle azioni agenti sulle fondazioni. Esse sono essenzialmente costituite da:

- Peso dei cabinati metallici
- Peso degli apparati tecnologici in essi contenuti e degli altri carichi permanenti
- Azioni variabili agenti sul cabinato:
 - Neve
 - Vento
 - Sisma

Ognuna di tali azioni viene meglio dettagliata nei paragrafi seguenti.

4.1 CARICHI PERMANENTI

4.1.1 Carico dovuto al peso proprio degli elementi strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali è computato esplicitamente conoscendone la geometria ed il materiale.



Ove si operi una modellazione numerica ad elementi finiti, il peso proprio degli elementi strutturali è applicato automaticamente dal programma in funzione del peso specifico del materiale e della sezione geometrica degli elementi.

4.1.2 Carichi permanenti CABINA DI CONSEGNA

Il peso proprio delle apparecchiature impiantistiche contenute nella cabina di consegna della stazione di accumulo BESS è riportato nel seguito:

Apparecchio	Peso kg
Quadro MT	5400
UPS Batterie	800
TA-S	300
QGBT	500
Server	100
Scada	200
RTU Terna	200

Tali pesi vengono considerati distribuiti sull'area di impronta o sullo sviluppo delle diverse apparecchiature.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

4.1.3 Carichi permanenti CABINATO PCS

Il peso totale del cabinato, comprensivo delle apparecchiature impiantistiche in esso contenute, risulta pari a 18000 kg.

Tali pesi vengono considerati distribuiti sull'area di impronta o sullo sviluppo delle diverse apparecchiature.

4.1.4 Carichi permanenti CABINATO BATTERIE

Il peso totale del cabinato, comprensivo delle apparecchiature impiantistiche in esso contenute, risulta pari a 26400 kg.

Tali pesi vengono considerati distribuiti sull'area di impronta o sullo sviluppo delle diverse apparecchiature.

4.1.5 Carichi permanenti CABINATO TAC

Il peso totale del cabinato, comprensivo delle apparecchiature impiantistiche in esso contenute, risulta pari a 16000 kg.

Tali pesi vengono considerati distribuiti sull'area di impronta o sullo sviluppo delle diverse apparecchiature.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

4.2 CARICHI VARIABILI

4.2.1 Azione della neve

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

<input type="radio"/>	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input checked="" type="radio"/>	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.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	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.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	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, Ogliastra, Olbia, Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

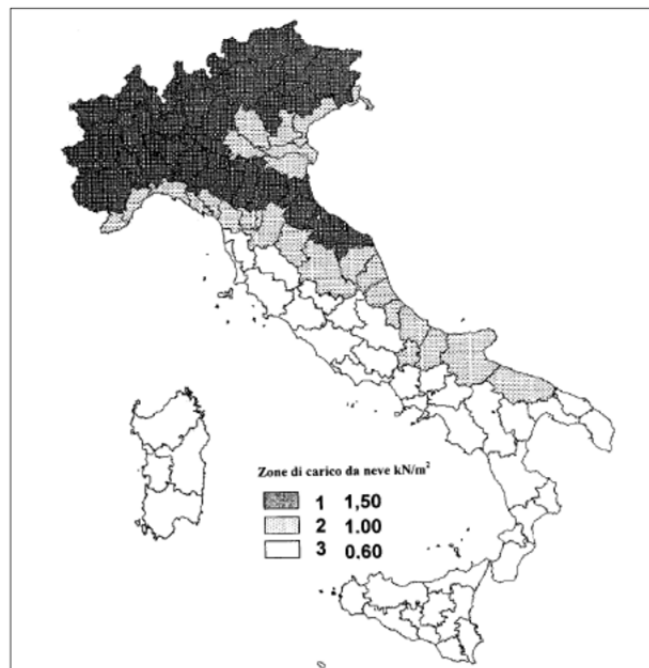
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$
 μ_i (coefficiente di forma)
 q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
 C_E (coefficiente di esposizione)
 C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	600
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	2.69

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 $C_t = 1$.



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo
fondazioni BESS**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Coefficiente di esposizione

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

Valore del carico della neve al suolo

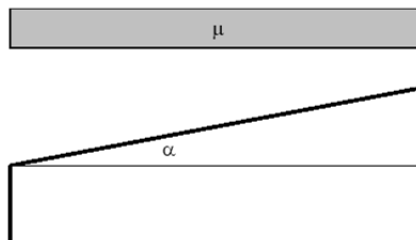
q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	2.69
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

μ	0.8
-------	-----

2.15 kN/mq



Si ricava:

- Azione variabile neve:

$$q_s = 2.15 \text{ kN/mq}$$

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo
fondazioni BESS**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

4.2.2 Azione del vento

In accordo con le /1/ e /2/ si è considerata la zona di installazione come:

Zona 2

cui corrisponde una velocità di base del vento a livello del mare di 25 m/sec.

Il coefficiente di esposizione al vento è stato determinato sulla base dei seguenti parametri, dipendenti dalle caratteristiche topografiche ed orografiche ove è collocata la struttura; si ha:

Classe di rugosità: D

Categoria di esposizione: II

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Sulla base di tali parametri, si ha l'andamento della pressione del vento in funzione dell'altezza, secondo la formula:

$$p = q_{\text{ref}} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

con:

$$q_{\text{ref}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{\text{ref}}^2$$

pressione cinetica di riferimento

$$C_e(z) = K^2 r \cdot C_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + C_t \cdot \ln(z/z_0)]$$

coefficiente di esposizione

C_p

coefficiente di forma o di pressione

Il coeff. di forma è funzione della tipologia e della geometria della struttura e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

C_d

coefficiente dinamico

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Si ricava:

Calcolo azione del vento

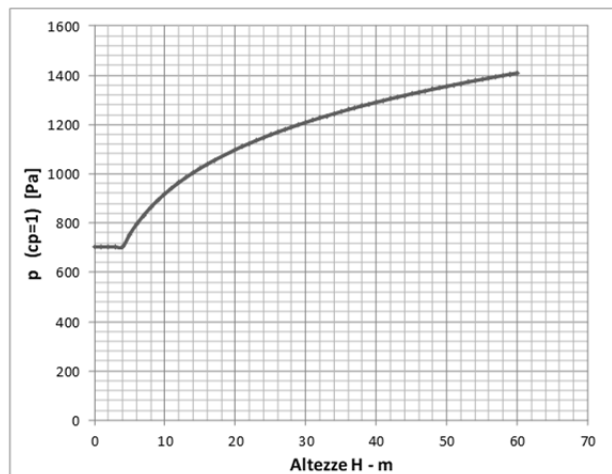
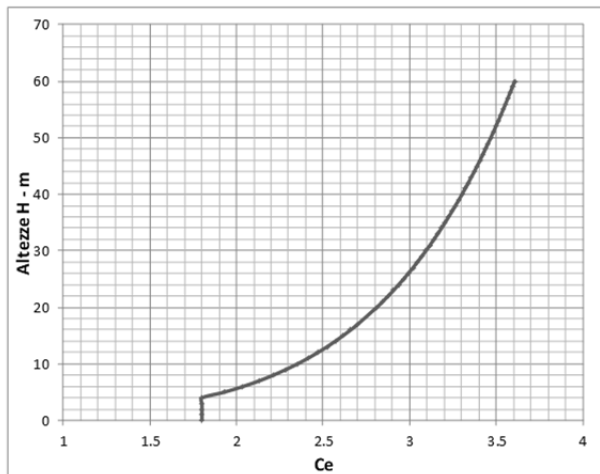
Zona ² Emilia Romagna
classe di rugosità D Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...)

altitudine sito as 750 m
distanza dalla costa 70 km
CATEGORIA II

$v_{b,0}$	a_0 (m)	k_s	k_r	z_0	z_{min}
25	750	0.45	0.19	0.05	4

$v_b = 25$ m/sec
 $q_b = 390.6$ N/m²

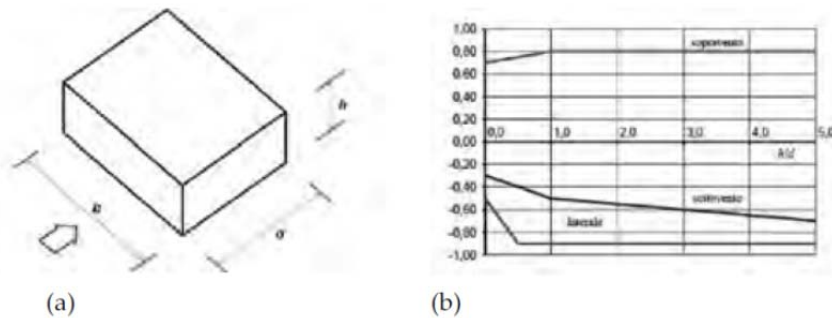
coefficiente di topografia $C_t = 1$
coefficiente di dinamico $C_d = 1$
altezza costruzione $z = 5$ m
coefficiente di esposizione $C_e = 1.93$
coefficiente di forma $C_p = 1$
 $p = q_b * C_e * C_t * C_d * C_p = 753.6$ N/m²



$C_e = 1.93$

$p = 752.6$ N/m²

In accordo con il punto C3.3.8.1.1 della Circolare /2/, volendo ricavare l'azione eolica agente su pareti verticali, si ha:



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,

b) Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Faccia sopravento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$: $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$: $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$: $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$: $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Si ricavano dunque i seguenti valori dei coefficienti di pressione C_p adottati per i **cabinati**:



- Direzione X: $C_p = \pm 0.90$ (valore massimo tra la parete longitudinale, laterali e trasversale)
- Direzione Y: $C_p = \pm 0.90$ (valore massimo tra la parete longitudinale, laterali e trasversale)
- Copertura: $C_p = -0.90$

Si ricava infine:

- Azione variabile vento X: $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 0.90) \cdot 1.0 = \pm 0.68 \text{ kN/mq}$
- Azione variabile vento Y: $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 0.90) \cdot 1.0 = \pm 0.68 \text{ kN/mq}$
- Azione variabile vento copertura:
 $p = q_{ref} \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d = 0.3906 \cdot 1.93 \cdot (\pm 0.90) \cdot 1.0 = \pm 0.68 \text{ kN/mq}$

4.3 AZIONE SISMICA DIR. $\pm X$, $\pm Y$

Si veda quanto sarà riportato al seguente capitolo 6.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

4.4 CARICHI AGENTI SULLE FONDAZIONI

Considerando i carichi permanenti e variabili, come descritti ai precedenti paragrafi, e le dimensioni geometriche degli elementi (apparecchiature, o cabinati, o edifici) si ricavano le seguenti azioni risultanti sulle fondazioni.

Tali risultanti sono valutate in valore caratteristico.

	SOLLECITAZIONI STATICHE				SOLLECITAZIONI SISMICHE		
	Valori caratteristici						
Apparecchio	Sforzo verticale Nperm kN	Sforzo verticale Nvariab kN	Taglio orizzontale T kN	Momento flettente M kNm	Sforzo verticale N kN	Taglio orizzontale T kN	Momento flettente M kNm
EDIFICIO BESS	da modellazione FEM				da modellazione FEM		
PCS	180	31.8	11.9	17.3	180	76.5	110.9
BATTERIE	264	34.7	16.5	21.4	264	112.1	145.8
MODULO TAC	160	63.9	24.0	34.8	160	68.0	98.5

A valle dell'analisi numerica ad elementi finiti condotta sulle fondazioni, in accordo con quanto descritto al capitolo 8, si riportano nel presente capitolo le sollecitazioni agenti sulle fondazioni relativamente alle quali saranno condotte le verifiche geotecniche.

Le azioni saranno valutate come **risultanti globali** agenti nel baricentro della soletta inferiore. Ovvero quella a contatto col terreno. Nelle verifiche geotecniche tali forze saranno considerate applicate nel baricentro della fondazione, già comprensive degli effetti flettenti e di trasporto delle forze verticali.

Le azioni risultanti saranno valutate e riepilogate per tutte le combinazioni di carico descritte precedentemente.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

4.4.1 Cabina di consegna

Combinazioni agli Stati limite Ultimi

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	49.27	74.67	-4279.86	-154.93	102.25	0
2	82.12	74.67	-4049.94	-154.93	170.4	0
3	49.27	124.45	-4049.94	-258.23	102.25	0
4	82.12	124.45	-4108.11	-258.23	170.4	0

Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
5	1833.21	538.32	-2871.34	-2404.92	8265.86	0.01
6	1833.21	-538.32	-2871.34	2404.93	8265.86	0
7	549.96	1794.39	-2871.34	-8016.42	2479.76	0.01
8	-549.96	1794.39	-2871.34	-8016.42	-2479.75	0
9	-1833.21	538.32	-2871.34	-2404.93	-8265.85	0
10	-1833.21	-538.32	-2871.34	2404.93	-8265.85	-0.01
11	549.96	-1794.39	-2871.34	8016.43	2479.75	0
12	-549.96	-1794.39	-2871.34	8016.43	-2479.76	0

Combinazioni RARE agli Stati Limite di Esercizio

Totali rispetto al baricentro dei nodi

Combinazione	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
13	32.85	49.78	-3236.09	-103.29	68.16	0
14	54.75	49.78	-3082.8	-103.29	113.6	0
15	32.85	82.97	-3082.8	-172.15	68.16	0
16	32.85	82.97	-3121.59	-172.15	68.16	0

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

5 MATERIALI UTILIZZATI

Si riportano le proprietà meccaniche dei materiali da costruzione prescritti per la realizzazione delle fondazioni in oggetto.

5.1 Conglomerato cementizio per opere non strutturali

Ai fini non strutturali il conglomerato cementizio dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Classe C12/15

con le seguenti resistenze:

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 15 \text{ MPa}$

5.2 Conglomerato cementizio per fondazioni

La composizione del conglomerato cementizio sarà a **prestazione garantita e conforme alla Norma EN206-1**, la classe di resistenza adottata nella progettazione esecutiva di tutte le strutture sarà:

Classe C32/40

con le seguenti resistenze:

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione:	$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$
Resistenza caratteristica cubica a compressione:	$R_{ck} = 40 \text{ MPa}$

Resistenze di calcolo:

- Calcestruzzo - SLU:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{mc} = 0.85 \times 32 / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$
- Calcestruzzo – SLE (rara):	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 0.60 \times 32 = 19.20 \text{ MPa}$
- Calcestruzzo – SLE (quasi permanente):	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} = 0.45 \times 32 = 14.40 \text{ MPa}$

➤ **Classe di esposizione per tutte le strutture: XC4/XF3**

Secondo Linee guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal S.T.C. del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

- **Condizioni Ambientali:** **ORDINARIE**
- **Additivo** **IDROFUGO**
- **Modalità di messa in opera:** Secondo Linee guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal S.T.C. del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il copriferro minimo sarà pari a 40 mm per le strutture fondali in opera.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Il conglomerato strutturale in opera sarà inoltre caratterizzato dai seguenti requisiti compositivi e prestazionali

- classe di consistenza misurata mediante abbassamento al cono:
 $S_4 = 160 - 210\text{mm}$ secondo UNI 9858;
- diametro massimo dell'aggregato: 25mm;
- rapporto max. acqua/cemento = 0.50;
- Classe di contenuto in cloruri nel cls: Cl 0.20 ($\leq 0.20\%$)

5.3 Acciaio per armature

Si useranno barre in acciaio saldabile del tipo:

B450C

avente le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Tensione caratteristica di snervamento $f_{y, nom} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura $f_{t, nom} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento percentuale $(A_{Gt})_K \geq 7.5\%$

Per $f_y = f_{y, nom}$ si hanno le seguenti resistenze di calcolo:

- Acciaio - SLU: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{ms} = 450 / 1.15 = 391.30 \text{ MPa}$
- Acciaio - SLE (tutte): $\sigma_s = 0.80 \times f_{yk} = 0.80 \times 450 = 360.00 \text{ MPa}$

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo
fondazioni BESS**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

6 PARAMETRIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

La tipologia strutturale in progetto è classificata in categoria 3, con vita nominale pari a 100 anni, e classe d'uso IV.



La parametrizzazione sismica del sito oggetto di intervento fornisce le seguenti evidenze:

	Tr	ag	F0	T*c
SLO	120	0.109	2.455	0.279
SLD	201	0.133	2.452	0.282
SLV	1898	0.273	2.463	0.316
SLC	2475	0.294	2.522	0.320

Si è considerato:

- | | | |
|---|-------------------------------|-------------|
| ➤ Opere con livelli prestazioni elevate | Vita nominale ≥ 100 anni | § 2.4.1 /1/ |
| ➤ Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti | Classe d'uso IV | § 2.4.2 /1/ |
| ➤ Coefficiente d'uso | Cu = 2.0 | § 2.4.3 /1/ |

Si è inoltre considerata una superficie topografica (T2) ed un sottosuolo di categoria C.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

7 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Si riporta sinteticamente un estratto di quanto riportato nella relazione geotecnica (vedi doc. /7/).

Quello sotto presentato è un modello geotecnico finalizzato alla conduzione delle analisi e delle verifiche geotecniche oggetto del presente documento.

Un modello geotecnico, infatti, è un insieme di parametri – fisici, di resistenza e di deformabilità – che, unitamente a delle leggi costitutive di previsione, consentono di modellare matematicamente la risposta meccanica del terreno.

Per cui il modello geotecnico non è unico: ve ne sono diversi, a seconda delle ipotesi cui fanno riferimento i metodi di calcolo impiegati in specifiche analisi di differenti opere geotecniche.

Quello sotto presentato è specifico per l'analisi e verifica delle fondazioni superficiali.

Descrizione	Profondità (m)		Peso volume	Resistenza non drenata	Angolo Resistenza	Coesione efficace	Modulo edometrico
	da	a	γ kPa	S_u kPa	ϕ °	c' kPa	M MPa
<i>Formazione argillitica alterata (Coltre)</i>	0	5.0	19	50	24	7	20

Per maggiori dettagli relativi alla caratterizzazione del modello geotecnico si rimanda relazione geologica, elaborato /6/, e alla relazione geotecnica, elaborato /7/.

Visto il livello di progettazione e di autorizzazione del progetto in oggetto non è consentita l'esecuzione di indagini geologiche e geognostiche in sito.

Ragion per cui il modello geotecnico è stato determinato impiegando quanto desumibile dalla relazione geologica allegata (doc. /6/), che fa principalmente riferimento a studi di carattere bibliografico e cartografico, ed impiegando parametri ragionevoli e usuali per terreni quali quelli delle formazioni in oggetto frutto anche di esperienze dirette in precedenti lavori su litologie simili.

Si rimanda alla fase esecutiva la realizzazione delle opportune indagini geologiche e geognostiche per l'accurata caratterizzazione geotecnica dei terreni e l'aggiornamento del modello geotecnico.

8 MODELLAZIONE FEM DELLE FONDAZIONI

Di seguito si riporteranno la descrizione della modellazione adottata e le ipotesi seguite per le fondazioni che, in virtù delle loro caratteristiche, hanno richiesto una modellazione numerica ad elementi finiti.

8.1 Origine e affidabilità del codice di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato è denominato Win-Strand Versione 2023-066 prodotto dalla ENEXSYS S.r.L. Via Tizzano 46/2 Casalecchio di Reno (Bologna), licenza d'uso numero 92320000ST, installato su personal computer con processore Intel-Core-i7-2600K CPU a 3.40Ghz/3.40GHz, memoria RAM da 8GB, sistema operativo Windows 1Professional a 64 bit. Il codice di calcolo utilizzato presenta un elevato grado di affidabilità, possiede un risolutore sviluppato dalla stessa casa Software (non importato da altre case), il programma è entrato sul mercato nel 1984 e con esso sono stati realizzati progetti strutturali di notevole valenza in tutto il mondo (si veda sito www.enexsys.com). Codesta Società utilizza il programma dai primi anni '90 ed a corredo dello stesso è disponibile il manuale d'uso ed i test di validazione effettuati dalla casa produttrice (Benchmark), documentazione largamente visionata e valutata dagli scriventi anche attraverso l'assistenza on line ed il relativo forum.

8.2 Costante di sottofondo per terreno alla Winkler

Il valore della costante di sottofondo, parametro che caratterizza il metodo di Winkler (che assimila il suolo ad una distribuzione continua di molle elastiche tra loro indipendenti, la cui rigidità è appunto caratterizzata da tale parametro) può essere determinato per via analitica, impiegando alcuni tra i metodi più affidabili reperibili nella letteratura tecnica internazionale.

La determinazione di questo parametro rimane comunque non scevra da incertezze in quanto non rappresenta in alcun modo una caratteristica geotecnica del terreno (essendo legata, tra le altre cose, anche alle dimensioni della fondazione).

Risulta però utile in sede di progettazione strutturale delle fondazioni per il dimensionamento delle armature.

DATI

$E_s =$	20	MPa
$E_s =$	20000	kPa
$\nu_s =$	0.3	
$E =$	30000000	kPa
$D =$	0.25	m
$L =$	1	m
$B =$	1	m
$B' =$	1	m
$H =$	1	m
$b =$	0.7	m
$h =$	0.25	m
$y_G =$	0.593	m
$I =$	0.1424	m ⁴

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo
fondazioni BESS**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Metodo di Biot

$$k_s = \frac{0,95 \cdot E_s}{B \cdot (1 - \nu_s^2)} \cdot \left[\frac{B^4 \cdot E_s}{(1 - \nu_s^2) \cdot EI} \right]^{0,108}$$

$$k_s = \mathbf{11817.65} \text{ kN/mc} = \mathbf{1.18} \text{ daN/cm}$$

Metodo di Vesic

$$k_s = \frac{0,65 \cdot E_s}{B \cdot (1 - \nu_s^2)} \cdot \sqrt[12]{\frac{B^4 \cdot E_s}{EI}}$$

$$k_s = \mathbf{9136.14} \text{ kN/mc} = \mathbf{0.91} \text{ daN/cm}$$

Si è assunto:

$$k_w = \mathbf{1} \text{ daN/cm}^3$$

8.3 CABINATO PCS

Allo scopo di considerare nel miglior modo possibile la trasmissione dei carichi tra la struttura in elevazione (cabinato PCS) e la fondazione per ottenere un'affidabile distribuzione delle sollecitazioni, si è scelto di impiegare una modellazione numerica completa ad elementi finiti, che considerasse allo stesso tempo sia la parte di elevazione che quella di fondazione.

La struttura in elevazione è direttamente connessa alla fondazione, modellata con elementi finiti bidimensionali quadrangolari tipo plate.

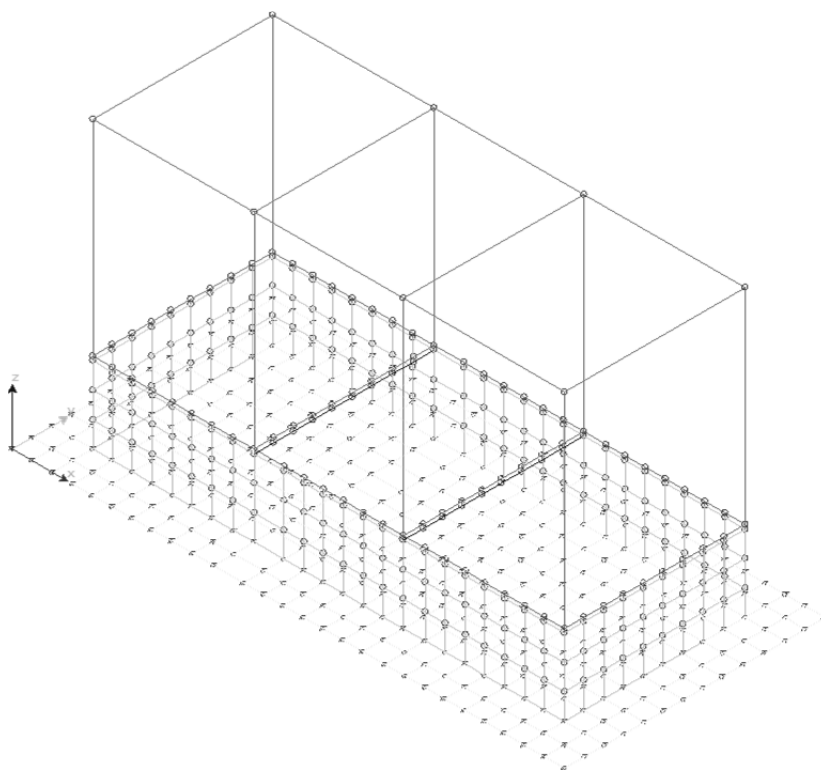
Gli elementi che costituiscono la soletta inferiore della fondazione e il marciapiede, posta a contatto con il terreno, sono considerati posti su un terreno alla Winkler.

Anche gli elementi che costituiscono le pareti laterali e i tratti orizzontali sono stati considerati.

Il modello di suolo alla Winkler, che considera il terreno come un letto uniforme di molle indipendenti dotate di sola rigidezza assiale, così che viene del tutto trascurata la sua natura continua, non è certamente un modello adatto ad analizzare geotecnicamente una fondazione (ad esempio dal punto di vista dello sviluppo del cedimento) ma può essere considerato affidabile, invece, per applicazioni strutturali, quali la determinazione del campo di sollecitazione negli elementi.

Il vantaggio di questo approccio di calcolo è che la fondazione è modellata in maniera tridimensionale ed è sollecitata, sia in condizioni statiche che sismiche, dall'intera struttura in elevazione, interamente compresa nel modello. In tal maniera si ottiene un'accurata distribuzione delle sollecitazioni, dovuta ad una più reale applicazione delle azioni agenti sull'elevazione.

Nel modello di calcolo si considerano applicati i carichi descritti al capitolo 4.



Modello completo ad elementi finiti di riferimento per la definizione dello stato di sollecitazione nella fondazione. Vista unifilare.

Progettazione:



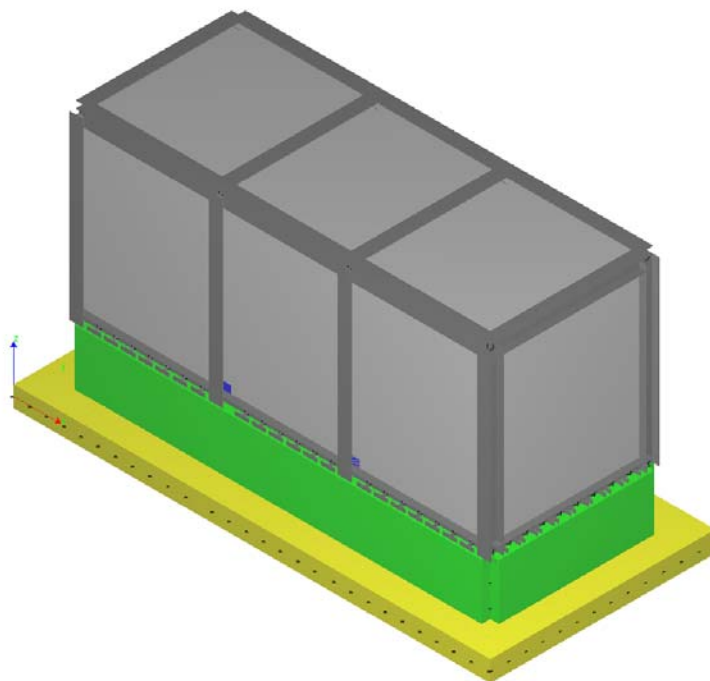
via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

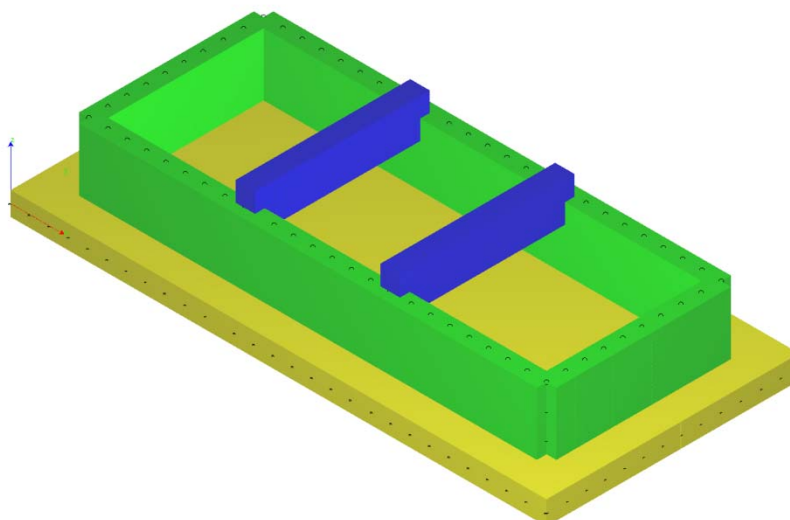
Committente:





ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)



Modello completo ad elementi finiti di riferimento per la definizione dello stato di sollecitazione nella fondazione. Vista solida.



Modello ad elementi finiti di riferimento della fondazione a vasca. Vista solida.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

Si riportano nei seguenti paragrafi i principali input del modello di calcolo impiegato per il progetto della fondazione in oggetto. I principali risultati di tale modellazione saranno riportati nei capitoli che seguono. In particolare:

- Al capitolo 8 saranno riportate, per le varie combinazioni di carico prese in considerazione, le sollecitazioni agenti sulla fondazione, relativamente alla quali saranno condotte le verifiche geotecniche ai capitoli 10 e 11.
- Al capitolo 12 saranno riportate le sollecitazioni negli elementi della fondazione (soletta di fondo, pareti esterne e interne) per le verifiche di resistenza strutturale degli stessi.

8.3.1 Dettagli sulla modellazione strutturale

Per la modellazione della platea si è scelto di utilizzare elementi 2D quadrangolari con 4 nodi di Gauss, uniti fra loro per formare una maglia di dimensioni e geometria corrispondenti a quelle della fondazione (vedi disegni esecutivi).

Sono stati adottati elementi a spessore costante.

I vincoli adottati nei nodi degli elementi 2D posti su suolo alla Winkler simulano il comportamento del terreno, ovvero impediscono le traslazioni in direzione x ed y lasciando libera la traslazione verticale z così permettendo il possibile cedimento fondale; inoltre viene impedita a rotazione attorno all'asse z per evitare deformazioni locali degli elementi 2D nel loro piano.

8.3.2 Dati relativi agli elementi finiti adottati

Elementi tipo trave Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo trave su suolo alla Winkler viene identificato da:

- Il nodo iniziale i ;
- il nodo finale j ;
- il nodo k che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere così disposta:

Progettazione:



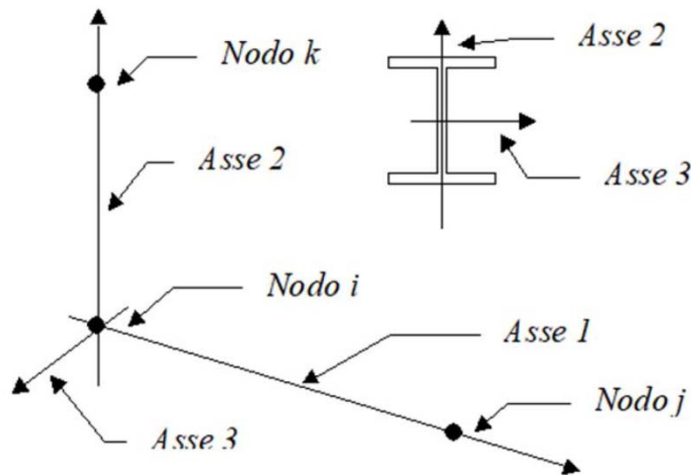
via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)



Caratteristiche dei materiali

Tipo	Modulo Elastico [MPa]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m³]	Commento
1	30000.00	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	210000.00	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio
3	210000.00	0.330	0.000010	0.0	Acciaio NULL

Sezioni impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	3	HEA 200	Ausiliaria_Cabinati
3	1	Rett.	B= 25 H= 50 [cm] Trave interna

Caratteristiche inerziali:

Sezione	Materiale	Area [mm²]	Jt [mm⁴]	J2 [mm⁴]	J3 [mm⁴]	J23 [mm⁴]	Xx	Xy
1	3	5395	209849	36993177	13356557	0	4.1	1.4
3	1	125000	1787790330	2604166744	651041686	0	1.2	1.2

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

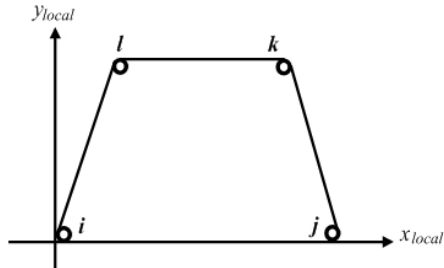
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Elementi a 4 nodi

Convenzioni adottate

L'elemento a 4 nodi è individuato tramite il numero dei quattro nodi di vertice dello stesso.

Gli assi del sistema di riferimento locale risultano così disposti:



- L'asse x_{locale} ha direzione parallela alla retta congiungente i nodi i e j , è passante per i medesimi nodi ed ha verso positivo da i a j .
- L'asse y_{locale} è ortogonale all'asse x_{locale} , passa per il nodo i ed ha verso positivo dalla parte del nodo l .
- L'asse z_{locale} è ottenuto per prodotto vettoriale fra x_{locale} e y_{locale} .

Tipo	Modulo Elastico [MPa]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m³]	Commento
1	30000.00	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	210000.00	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio
3	210000.00	0.330	0.000010	0.0	Acciaio NULL

Numero	k Winkler [kg/cm³]	E [MPa]	ν	k Winkler _h [kg/cm³]	σ_{Max} [MPa]	Commento
1	1.0	0.10	0.10	0.0	0.10	Camugnano

Sezioni Impiegate:

Sezione	Materiale	Tipo di Sezione	Parametri Dimensionali Commenti
1	1	Mesh platea	s= 30 [cm] Terreno numero 1 Camugnano Soletta sp.30 Base
2	1	Mesh isotropa	s= 25 [cm] Soletta sp.25 Pareti controterra

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

8.3.3 Dati relativi combinazioni di carico

Condizioni di carico definite:

Condizione	
1	peso fondazione
2	peso cabinato
3	peso accessori
4	incremento +20%
5	vento X
6	vento Y
7	vento copertura
8	neve
9	Sisma 0SLU
10	Sisma 90SLU
11	Sisma 180SLU
12	Sisma 270SLU

Combinazioni agli Stati Limite Ultimi

Combinazione di carico numero	
1	SLU Neve
2	SLU Vento X
3	SLU Vento Y
4	SLU Vento 45°

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9	0.9	0.9	1.5
2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	0.9	0.9	0.75
3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.9	1.5	0.9	0.75
4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	0.75

Combinazioni agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita

Combinazione di carico numero	
5	SLV 0 / 90
6	SLV 0 / 270
7	SLV 90 / 0
8	SLV 90 / 180
9	SLV 180 / 90
10	SLV 180 / 270
11	SLV 270 / 0
12	SLV 270 / 180

Comb.\Cond	1	2	3	4	9	10	11	12
5	1	1	1	1	1	0.3		
6	1	1	1	1	1			0.3
7	1	1	1	1	0.3	1		
8	1	1	1	1		1	0.3	
9	1	1	1	1		0.3	1	
10	1	1	1	1			1	0.3
11	1	1	1	1	0.3			1
12	1	1	1	1			0.3	1

Combinazioni RARE Stati Limite di Esercizio

Combinazione di carico numero	
-------------------------------	--

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Combinazione di carico numero

13	SLE Neve
14	SLE Vento X
15	SLE Vento Y
16	SLE Vento 45°

Comb.\Cond 1 2 3 4 5 6 7 8

13	1	1	1	1	0.6	0.6	0.6	1
14	1	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5
15	1	1	1	1	0.6	1	0.6	0.5
16	1	1	1	1	0.6	1	1	0.5

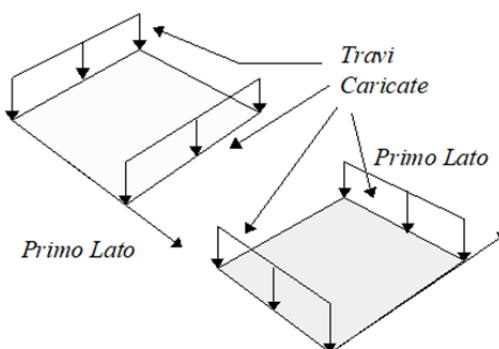
8.3.4 Dati relativi alle aree di carico

Convenzioni adottate

Nel seguito sono riportate le *aree di carico* definite nel progetto.

Un'*area di carico* è definita da una superficie contornata da travi di bordo ed i carichi superficiali su essa agenti vengono riportati dal programma sulle travi perimetrali in ragione dell'area di influenza relativa ad ogni trave e della direzione di orditura della superficie.

È importante rilevare che **la direzione di orditura viene assunta dal programma con riferimento al primo lato della superficie di carico e non con riferimento all'asse x globale della struttura.**



Esempio: *direzione* di orditura 0 gradi.

In particolare ricordiamo che le *aree di carico* fungono esclusivamente da supporto per il calcolo dei carichi di tipo superficiale in quanto i carichi definiti tramite tali *aree di carico* in effetti vengono trasferiti (sotto forma di carichi lineari o carichi nodali concentrati nei nodi) sulle travi perimetrali che contornano l'area di carico stessa.

A seguire vengono riportati per ogni tipologia definita i carichi agenti nelle varie condizioni di carico. La dizione:

Globale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura.

Globale Proiettato

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura ma il valore viene computato in proiezione.

Locale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento locale della superficie di carico.

Area di Carico Numero	Commento
1	Area 1-Totale cabinato
3	Area 3-Vento X
4	Area 4-Vento Y
5	Area 5-Copertura

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Tipo	Alfa	Condizione	Carico Trasmesso	Riferimento	qx [kN/m ²] Qx [kN]	qy [kN/m ²] Qy [kN]	qz [kN/m ²] Qz [kN]
1	0.00	2	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	4.5
					0.00	0.00	59.29
1	0.00	3	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	12.2
					0.00	0.00	160.02
1	0.00	4	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	2.4
					0.00	0.00	31.48
3	0.00	5	Alle Travi	Globale	-0.7	0.0	0.0
					-7.76	0.00	0.00
4	0.00	6	Alle Travi	Globale	0.0	-0.7	0.0
					0.00	-20.33	0.00
5	0.00	7	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	0.7
					0.00	0.00	8.92
5	0.00	8	Alle Travi	Globale	0.0	0.0	2.1
					0.00	0.00	28.20

8.4 CABINATO BATTERIE

Allo scopo di considerare nel miglior modo possibile la trasmissione dei carichi tra la struttura in elevazione (cabinato batterie) e la fondazione per ottenere un'affidabile distribuzione delle sollecitazioni, si è scelto di impiegare una modellazione numerica completa ad elementi finiti, che considerasse allo stesso tempo sia la parte di elevazione che quella di fondazione.

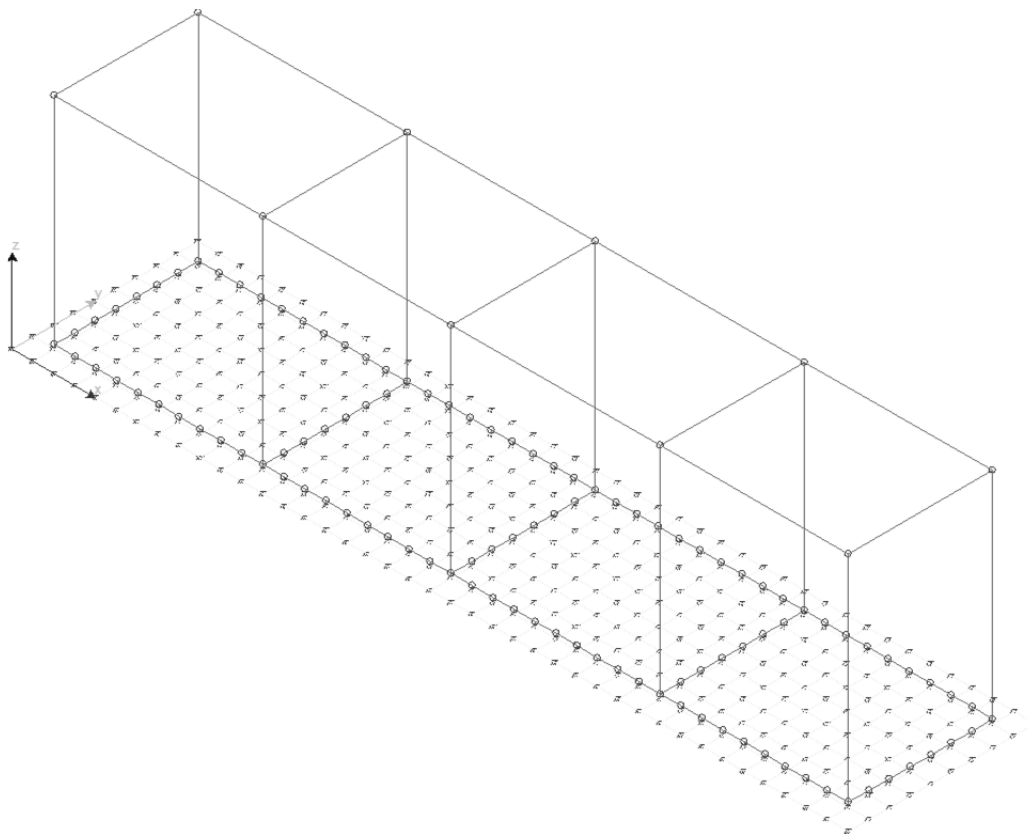
La struttura in elevazione è direttamente connessa alla fondazione, modellata con elementi finiti bidimensionali quadrangolari tipo plate.

Gli elementi che costituiscono la soletta inferiore della fondazione e il marciapiede, posta a contatto con il terreno, sono considerati posti su un terreno alla Winkler.

Il modello di suolo alla Winkler, che considera il terreno come un letto uniforme di molle indipendenti dotate di sola rigidità assiale, così che viene del tutto trascurata la sua natura continua, non è certamente un modello adatto ad analizzare geotecnicamente una fondazione (ad esempio dal punto di vista dello sviluppo del cedimento) ma può essere considerato affidabile, invece, per applicazioni strutturali, quali la determinazione del campo di sollecitazione negli elementi.

Il vantaggio di questo approccio di calcolo è che la fondazione è modellata in maniera tridimensionale ed è sollecitata, sia in condizioni statiche che sismiche, dall'intera struttura in elevazione, interamente compresa nel modello. In tal maniera si ottiene un'accurata distribuzione delle sollecitazioni, dovuta ad una più reale applicazione delle azioni agenti sull'elevazione.

Nel modello di calcolo si considerano applicati i carichi descritti al capitolo 4.



Modello completo ad elementi finiti di riferimento per la definizione dello stato di sollecitazione nella fondazione. Vista unifilare.

Progettazione:



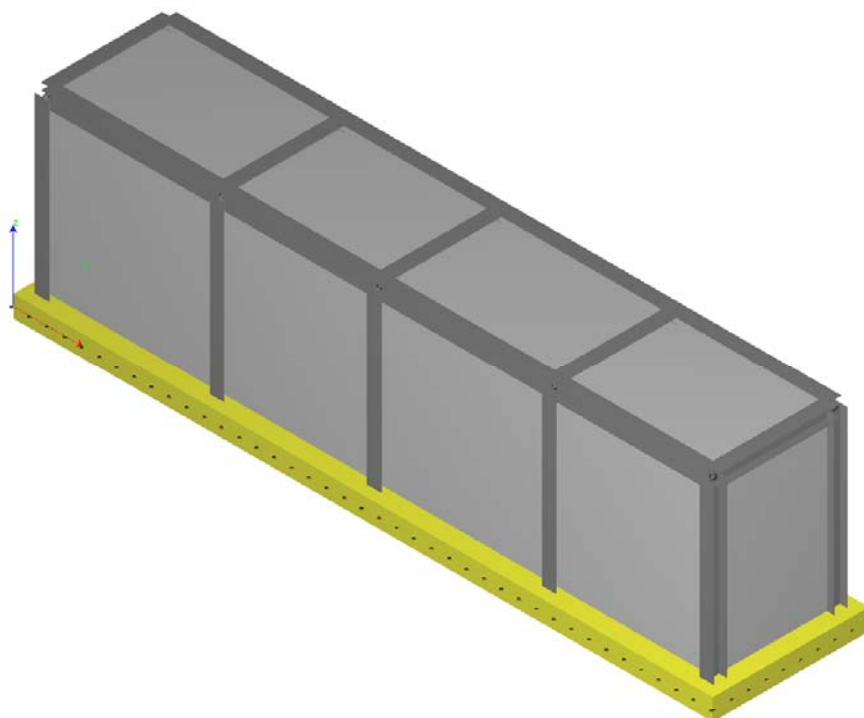
via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo
fondazioni BESS**

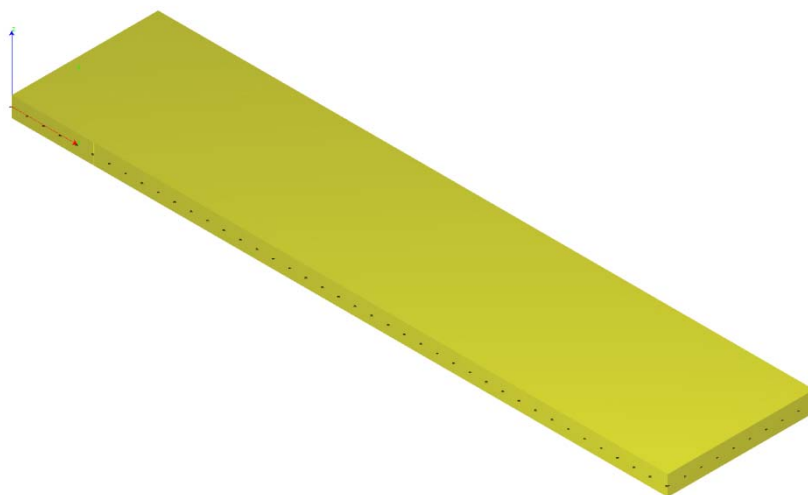
Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)





Modello completo ad elementi finiti di riferimento per la definizione dello stato di sollecitazione nella fondazione. Vista solida.



Modello ad elementi finiti di riferimento della fondazione a vasca. Vista solida.

Per tutto quant'altro attiene alla modellazione (proprietà dei materiali e delle sezioni degli elementi finiti, combinazioni di carico, ecc.) si faccia riferimento a quanto già presentato al precedente § 8.3

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

9 FONDAZIONI SUPERFICIALI – ASPETTI PROGETTUALI DI BASE

In questo capitolo vengono descritte le condizioni generali, geometriche e geotecniche, ipotizzate per il progetto delle fondazioni superficiali in oggetto. Successivamente saranno illustrati gli aspetti teorici e scientifici che sono alla base del dimensionamento delle fondazioni.

9.1 Considerazioni generali

- Nelle verifiche di capacità portante delle fondazioni a vasca, il piano di posa delle fondazioni è considerato alla profondità prevista in progetto, e desumibile dagli elaborati grafici.
- I carichi sono stati forniti in tutte le combinazioni e quindi è stato possibile eseguire tutte le seguenti verifiche geotecniche delle fondazioni:
 - ✓ Verifica EQU;
 - ✓ Verifica di capacità portante;
 - ✓ Verifica allo scorrimento
- Le verifiche di capacità portante delle fondazioni superficiali, in campo statico e sismico, sono state valutate facendo riferimento ai parametri di resistenza non drenati (vedi cap. 7).
- Le verifiche geotecniche di resistenza della fondazione sono state condotte considerando la stessa come un'unica platea soggetta alla risultante dei carichi trasmessi dalla sovrastruttura nel proprio baricentro, in condizioni di flessione deviata.

9.2 Cenni sul calcolo capacità portante in campo statico

La capacità portante di fondazioni superficiali in assenza di carichi sismici è un argomento estensivamente analizzato in rigorosi e dettagliati studi nel corso degli anni e molti sono i libri e le bibliografie che riportano tali lavori.

In questo lavoro si procederà al calcolo della capacità portante con il metodo di Brinch – Hansen, le cui formule generali per la determinazione della capacità portante, sono:

Terreni di natura non coesiva:



$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma} i_{\gamma} + c N_c d_c i_c + q N_q s_q i_q d_q$$

Terreni di natura coesiva:

$$q_{LIM} = (2 + \pi) C u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

Nel caso di terreno incoerente viene applicata la formula così come riportata in EC7 /4/; in questo caso nella classica formula di Brinch Hansen il coefficiente N_{γ} viene presentato non con il valore tipico di Vesic /19/, ovvero come:

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

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

ma con:

$$N_{\gamma} = 2(N_q - 1) \tan \phi$$

Questo fatto, come si vede nel lavoro /20/, può portare a differenze sostanziali nella valutazione del valore di N_{γ} ; tale differenza va da circa un 40% per angoli di attrito bassi ($\phi=20^{\circ}$) a circa il 5% per angoli alti ($\phi=35^{\circ}-40^{\circ}$).

9.3 Cenni sul calcolo capacità portante in campo sismico

Con il nascere di molte normative sempre più dettagliate che trattano della progettazione di strutture in zona sismica, tra cui l'Eurocodice 8 /5/, e con le verifiche agli stati limite che forniscono fattori di sicurezza più restrittivi, sono state eseguite numerose ricerche al fine di analizzare il problema della capacità portante in zona sismica legandola, con maggior rigore, alle caratteristiche sismiche del sito, ovvero alle caratteristiche di accelerazione orizzontale massima sul suolo a_g e al fattore S che tiene conto del profilo stratigrafico.

In altre parole, in aggiunta alle forze dovute alla gravità, la capacità portante viene legata al fattore:



$$k_h = \frac{a_g \cdot S}{g}$$

Tutti questi metodi fanno riferimento solo al calcolo della capacità portante in campo sismico in terreni dotati di angolo di attrito.

Le metodologie per eseguire il calcolo di capacità portante di fondazioni su terreni dotati di angolo d'attrito sono riportate in /22/ e /30/.

In alternativa, la normativa lascia la possibilità di determinazione della capacità portante limite ricorrendo all'impiego delle formulazioni classiche anche nel caso sisma purchè si mantenga lo stesso coefficiente di sicurezza del caso statico. Se, nel calcolo del carico limite, si considera esplicitamente l'effetto delle azioni inerziali sul volume di terreno significativo, il coefficiente γ_R può essere ridotto a 1.8.

Nel presente lavoro, in campo sismico la capacità portante delle fondazioni sarà valutata in maniera analoga al caso statico, applicando i coefficienti parziali di sicurezza definiti dalle Norme NTC2018 /1/ al § 7.11.5.3.1.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

10 VERIFICHE GEOTECNICHE DI RESISTENZA DELLE FONDAZIONI

Nel presente capitolo si riportano tutte le verifiche geotecniche delle fondazioni allo Stato Limite Ultimo, quindi in termini di resistenza.

Si avranno quindi, in particolare:

- Verifica di ribaltamento (condizioni EQU)
- Verifica di scorrimento rispetto al piano di posa
- Verifica di capacità portante

Si allegano le verifiche nella condizione più gravosa sia in combinazione statica che sismica, facendo riferimento alle azioni riportate al § 4.4 ed ai criteri definiti e descritti al capitolo 8.4.

Tutte le verifiche cui sarà soggetta la fondazione in oggetto nell'ambito del presente documento saranno condotte con riferimento all'approccio progettuale 2, con combinazione dei coefficienti parziali di sicurezza (A1+M1+R3), così come definito dalle NTC2018 /1/ al § 6.4.

Le verifiche geotecniche sono fatte, cautelativamente, considerando concomitanti i valori massimi di tutte le componenti di sollecitazioni.

Per non appesantire inutilmente la trattazione e per maggiore chiarezza, si procederà nella seguente maniera nei capitoli successivi per la presentazione delle verifiche geotecniche:

- si riporterà in forma completa, nel presente capitolo, la verifica geotecnica della fondazione nella condizione statica più gravosa, a chiarimento della procedura di calcolo applicata;
- si riporterà in forma completa, nel presente capitolo, la verifica geotecnica della fondazione nella condizione sismica più gravosa, a chiarimento della procedura di calcolo applicata;
- relativamente alle altre tipologie di plinti e alle altre combinazioni di carico, statiche e sismiche, si riporterà solo un prospetto riepilogativo dei principali dati di input e dei risultati delle verifiche.

Nei prospetti di riepilogo saranno evidenziati i seguenti dati:

- Identificativo della fondazione;
- Analisi di riferimento nella combinazione dei carichi;
- Azioni agenti all'estradosso della fondazione;
- Azioni agenti all'intradosso della fondazione (prese a riferimento nelle verifiche geotecniche);
- Geometria della fondazione: lunghezza e larghezza dell'area di impronta a terra;
- Resistenze di progetto in approccio progettuale 2: capacità portante, resistenza allo scorrimento ed al ribaltamento;
- Esito delle verifiche geotecniche di resistenza: capacità portante, scorrimento e ribaltamento.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

10.1 CABINATO PCS

10.1.1 Verifica in campo statico

Dati

DATI FONDAZIONE

Fondazione rettangolare con dado superiore (carico centrato):

Larghezza : B =	3.74	m	Altezza ciabatta h =	0.30	m
Lunghezza: L =	7.36	m	Larghezza parte super.: B1 =	0.50	m
Altezza totale fond: H =	1.10	m	Lunghezza parte super.: L1 =	9.10	m
Prof. fondo scavo H =	0.70	m	Peso terreno riempimento: γ_t =	0.00	kN/mc
Fuori terra fd =	0.40	m	Peso calcestruzzo: γ_c =	25.00	kN/mc
Eccentricità dado asse B =	0.00	m			
Eccentricità dado asse L =	0.00	m	Peso fondazione:	297.45	kN
Vol. fondazione:	11.90	mc	Peso terreno sovrastante	0.00	kN
Vol. terreno sovrast.:	9.19	mc	Sottospinta idraulica:	0.0	kN
Vol. dado superiore:	3.64	mc			

DATI GEOTECNICI

Metodo di calcolo:	NT2018
Tipo di terreno:	c Terreno coesivo

Caratteristiche terreno:

Peso specifico:	γ (kN/m ³)=	19
Peso specifico in falda:	γ (kN/m ³)=	9.19
Angolo di attrito interno:	ϕ =	
Coesione:	c (kPa) =	
Coesione non drenata:	C_u (kPa) =	50
Livello falda:	hf =	10.00

Carichi agenti sulla fondazione

Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

AZIONI NON FATTORIZZATE							
Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1 γF	1	1.3	0.8	1.5	0	1.5	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	0	180	0	0	0	31.8	
A1 valori fattorizz.	0	234	0	0	0	47.7	281.7

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	11.9	
A1 valori fattorizz.	17.85	17.85

Momento flett. secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	17.3
A1 valori fattorizz.	25.95

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	0.00	
A1 valori fattorizz.	0	0

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	0.0
A1 valori fattorizz.	0

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifica a ribaltamento**VERIFICA EQU****VERIFICA AL RIBALTAMENTO - stabilità globale.****Coeff. EQU**

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
EQU γF	0.9	1.1	0.8	1.5	0	1.5	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	180.0	0.0	0.0	0.0	31.8	0.0	Instab.
Peso fondazione	297.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N (kN)
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	stabilizz.
valori fattorizz.	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	162.0
Peso fondazione	267.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	267.7
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					N fondo scavo:		429.7
Taglio secondo B (kN)							V_B (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.9	17.9
Taglio secondo L (kN)							V_L (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Momento flett. secondo B (kNm)							M_B (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.0	26.0
					M fondo scavo:		45.585
Momento flett. secondo L (kNm)							M_L (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					M fondo scavo:		0

Direzione B

I carichi dovuti al terreno sopra la fondazione vengono considerati nella stabilità.

Carichi esterni:	$M_{inst} =$	45.6	kNm
Sottosp. idraulica:	$M_{inst} = N_i \times B/2 =$	0.00	kNm
Eccentricità dado:	$M_{inst} =$	0	kNm
	$M_{inst, tot} = E_d =$	45.59	kNm
	$N \times B/2 =$	804	kNm
$M_{res} = R_d =$	E_d	<	R_d
Risulta:			

VERIFICA SODDISFATTA

Direzione L

Carichi esterni:	$M_{inst} =$	0.0	kNm
Sottosp. idraulica:	$M_{inst} = N_i \times L/2 =$	0.00	kNm
Eccentricità dado:	$M_{inst} =$	0	kNm
	$M_{inst, tot} = E_d =$	0.00	kNm
	$N \times B/2 =$	1581	kNm
$M_{res} = R_d =$	E_d	<	R_d
Risulta:			

VERIFICA SODDISFATTA

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifica Capacità portante e scorrimento

APPROCCIO 2

Combinazione 1:

A1 + M1 + R3

Terreno coesivo

Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

AZIONI NON FATTORIZZATE							
Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutt.		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1 γF	1	1.3	0.8	1.5	0	1.5	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	0	180	0	0	0	31.8	
A1 valori fattorizz.	0	234	0	0	0	47.7	281.7

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	11.9	
A1 valori fattorizz.	17.85	17.85

Momento flett. Secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	17.3
A1 valori fattorizz.	25.95

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	0.00	
A1 valori fattorizz.	0	0

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	0
A1 valori fattorizz.	0

CARICHI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	281.70
Taglio secondo B:	17.85
Taglio secondo L:	0.00
Momento flettente secondo B:	26.0
Momento flettente secondo L:	0.0

Sforzo normale fondazione (kN)	Calcestruzzo		Terreno		Falda	Totale	Totale
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.
valori non fattorizz.	0	297.4	0.0	0.0	0.0		
A1 valori fattorizz.	0	386.7	0.0	0.0	0.0	0.00	386.7

CARICHI A FONDO SCAVO DELLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	668.4
Taglio secondo B:	17.9
Taglio secondo L:	0.0
Momento flettente secondo B:	45.6
Momento flettente secondo L:	0.0

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

NON DRENATE

Formula generale di Brinch - Hansen

Come da EC7

$$q_{LIM} = (\pi + 2) \cdot C_u \cdot bc \cdot sc \cdot ic + q$$

Si fanno le seguenti ipotesi di base:

- 1) L'inclinazione del piano di campagna è nulla
- 2) L'inclinazione del piano della fondazione è nulla, ovvero $bc = 0$

APPROCCIO 2

Combinazione1: A1 + M1 + R3

Caratteristiche del terreno:

Peso specifico: γ (kN/m³) =

Coesione non drenata: c (kPa) =

Val. caratt.	Combin 1: M1	
19	1	19
50	1	50

Caratteristiche della fondazione:

Larghezza della fondazione: $B = 3.74$ m

Lunghezza della fondazione: $L = 7.36$ m

Profondità della fondazione: $H' = 0.70$ m

Sollecitazioni al piano di imposta della fondazione.

Azioni agenti Direzione B	Nsd kN	Vsd(B) kN	Msd(B) kNm	Ecc. e(B) m	B'	e/B
Combinaz. 1: A1	668.38	17.85	45.59	0.068	3.60	0.02

Azioni agenti Direzione L	Nsd kN	Vsd(L) kN	Msd(L) kNm	Ecc. e(L) m	L'	e/L
Combinaz. 1: A1	668.38	0.00	0.00	0.000	7.36	0.00

Taglio complessivo	Vsd kN
Combinaz. 1: A1	17.9

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Coefficienti di calcolo:

<i>Combinazione 1: M1</i>	sc =	1.098	Direzione B
	ic =	0.997	
	dc =	1.039	

Calcolo della capacità portante limite:

	Coesione kPa	Sovracc. kPa	Totale kPa	
<i>Combinazione 1: M1</i>	281	13	295	Direzione B

Calcolo della capacità portante resistente:

	γ_R	$p_{R,d}$	R_d
<i>Combinazione 1: R3</i>	2.3	128 kPa	3397 kN

VERIFICA COLLASSO PER CARICO LIMITE

Il carico limite, calcolato con i coefficienti M1, R3 sono calcolati di seguito.

Combinazione 1: E_d (kN) = **668** < **3397** = R_d (kN)

VERIFICA SODDISFATTA

VERIFICA COLLASSO PER SCORRIMENTO**Terreno coesivo**

Si pone:		C_u (kPa) = 50		$R_d = A_c \times C_u$		Verifica EC7 non soddisfatta	
Comb	E_d (kN)	Bcp (m)	g_R	C_u (kPa)	R_d (kN)	R_d / g_R	
1	18	3.60	1.1	50	1326	1206	Direzione B
1	0	7.36	1.1	50	1376	1251	Direzione L
<i>Risultato</i>							
Direzione B		Comb. 1:	E_d	<	R_d / γ_R	VERIFICA SODDISFATTA	
Direzione L		Comb. 1:	E_d	<	R_d / γ_R	VERIFICA SODDISFATTA	

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

10.1.2 Verifica in campo sismico

Carichi agenti sulla fondazione

Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

AZIONI NON FATTORIZZATE							
Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1	1	1	1	1	0	1	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	0	180	0	0	0	0	
A1 valori fattorizz.	0	180	0	0	0	0	180

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	76.5	
A1 valori fattorizz.	76.5	76.5

Momento flett. secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	110.9
A1 valori fattorizz.	110.9

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	0	
A1 valori fattorizz.	0	0

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	0
A1 valori fattorizz.	0

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifica a ribaltamento**VERIFICA EQU****VERIFICA AL RIBALTAMENTO - stabilità globale.****Coeff. EQU**

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutturali		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
EQU yF	1	1	1	1	0	1	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Instab.
Peso fondazione	297.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N (kN)
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	stabilizz.
valori fattorizz.	180.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0
Peso fondazione	297.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	297.4
Sottospinta idraulica:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso terreno sovrast.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					N fondo scavo:		477.4
Taglio secondo B (kN)							V _B (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.5	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.5	76.5
Taglio secondo L (kN)							V _L (kN)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Momento flett. secondo B (kNm)							M _B (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.9	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.9	110.9
					M fondo scavo:		195.05
Momento flett. secondo L (kNm)							M _L (kNm)
valori non fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
valori fattorizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					M fondo scavo:		0

Direzione B

I carichi dovuti al terreno sopra la fondazione vengono considerati nella stabilità.

Carichi esterni:	Minst =	195.1	kNm
Sottosp. idraulica:	Minst = N _i x B/2 =	0.00	kNm
Eccentricità dado:	Minst =	0	kNm
	Minst,tot = Ed =	195.05	kNm
Mres = Rd =	N x B/2 =	893	kNm
Risulta:	Ed	<	Rd

VERIFICA SODDISFATTA
Direzione L

Carichi esterni:	Minst =	0.0	kNm
Sottosp. idraulica:	Minst = N _i x L/2 =	0.00	kNm
Eccentricità dado:	Minst =	0	kNm
	Minst,tot = Ed =	0.00	kNm
Mres = Rd =	N x B/2 =	1757	kNm
Risulta:	Ed	<	Rd

VERIFICA SODDISFATTA

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifica capacità portante e scorrimento

APPROCCIO 2

Combinazione 1:

A1 + M1 + R3

Terreno coesivo

Azioni trasmesse dalla sovrastruttura:

AZIONI NON FATTORIZZATE

Coeff. moltiplicativi carichi	Permanenti strutturali		Perman. non strutt.		Variabili		Totali
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	
A1 γF	1	1	1	1	0	1	
Sforzo normale (kN)							N (kN)
valori non fattorizz.	0	180	0	0	0	0	
A1 valori fattorizz.	0	180	0	0	0	0	180

Taglio secondo B (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	76.5	
A1 valori fattorizz.	76.5	76.5

Momento flett. Secondo B (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	110.9
A1 valori fattorizz.	110.9

Taglio secondo L (kN)	Variabili	Totali
valori non fattorizz.	0.00	
A1 valori fattorizz.	0	0

Momento flett. secondo L (kNm)	Totali
valori non fattorizz.	0
A1 valori fattorizz.	0

CARICHI IN TESTA ALLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	kN 180.00
Taglio secondo B:	kN 76.50
Taglio secondo L:	kN 0.00
Momento flettente secondo B:	kNm 110.9
Momento flettente secondo L:	kNm 0.0

Sforzo normale fondazione (kN)	Calcestruzzo		Terreno		Falda	Totale	Totale
	Favor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.	Sfavor.	Favor.	Sfavor.
valori non fattorizz.	0	297.4	0.0	0.0	0.0		
A1 valori fattorizz.	0	297.4	0.0	0.0	0.0	0.00	297.4

CARICHI A FONDO SCAVO DELLA FONDAZIONE

	A1
Carico verticale:	kN 477.4
Taglio secondo B:	kN 76.5
Taglio secondo L:	kN 0.0
Momento flettente secondo B:	kNm 195.1
Momento flettente secondo L:	kNm 0.0

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

NON DRENATE

Formula generale di Brinch - Hansen

Come da EC7

$$q_{LIM} = (\pi + 2) \cdot C_u \cdot bc \cdot sc \cdot ic + q$$

Si fanno le seguenti ipotesi di base:

- 1) L'inclinazione del piano di campagna è nulla
- 2) L'inclinazione del piano della fondazione è nulla, ovvero $bc = 0$

APPROCCIO 2

Combinazione1: A1 + M1 + R3

Caratteristiche del terreno:

Peso specifico: γ (kN/m³) =

Coesione non drenata: c (kPa) =

Val. caratt.	Combin 1: M1	
19	1	19
50	1	50

Caratteristiche della fondazione:

Larghezza della fondazione: $B = 3.74$ m

Lunghezza della fondazione: $L = 7.36$ m

Profondità della fondazione: $H' = 0.70$ m

Solllecitazioni al piano di imposta della fondazione.

Azioni agenti Direzione B	Nsd kN	Vsd(B) kN	Msd(B) kNm	Ecc. e(B) m	B'	e/B
Combinaz. 1: A1	477.45	76.50	195.05	0.409	2.92	0.11

Azioni agenti Direzione L	Nsd kN	Vsd(L) kN	Msd(L) kNm	Ecc. e(L) m	L'	e/L
Combinaz. 1: A1	477.45	0.00	0.00	0.000	7.36	0.00

Taglio complessivo	Vsd kN
Combinaz. 1: A1	76.5

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Coefficienti di calcolo:

<i>Combinazione 1: M1</i>	sc = 1.079	Direzione B
	ic = 0.982	
	dc = 1.048	

Calcolo della capacità portante limite:

	Coesione kPa	Sovracc. kPa	Totale kPa	
<i>Combinazione 1: M1</i>	286	13	299	Direzione B

Calcolo della capacità portante resistente:

	γ_R	$p_{R,d}$	R_d
<i>Combinazione 1: R3</i>	2.3	130 kPa	2795 kN

VERIFICA COLLASSO PER CARICO LIMITE

Il carico limite, calcolato con i coefficienti M1, R3 sono calcolati di seguito.

Combinazione 1: E_d (kN) = **477** < **2795** = R_d (kN)
VERIFICA SODDISFATTA

VERIFICA COLLASSO PER SCORRIMENTO**Terreno coesivo**

Si pone: C_u (kPa) = 50			$R_d = A_c \times C_u$				Verifica EC7 non soddisfatta	
Comb	E_d (kN)	B_{cp} (m)	γ_R	C_u (kPa)	R_d (kN)	R_d / γ_R		
1	77	2.92	1.1	50	1076	978		Direzione B
1	0	7.36	1.1	50	1376	1251		Direzione L
<i>Risulta</i>								
Direzione B		Comb. 1:	$E_d < R_d / \gamma_R$			VERIFICA SODDISFATTA		
Direzione L		Comb. 1:	$E_d < R_d / \gamma_R$			VERIFICA SODDISFATTA		

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

10.2 CABINATO TAC

10.2.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	TAC	Larghezza fondazione B:	2.94	m
Comb. carico:	SLU static	Lunghezza fondazione L:	12.69	m
Azioni estradosso fondazione:		Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	304	Capacità portante (kN):	4166	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	36	Resistenza scorrimento dir B (kN):	1587	Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	1696	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	52	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	582	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	2512	Rd
Azioni intradosso fondazione:		Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	668	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	16.0% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	36	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	2.3% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	63	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	10.8% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	0	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

10.2.2 Verifica in campo sismico

Fondazione:	TAC	Larghezza fondazione B:	2.94	m
Comb. carico:	SLV seismic	Lunghezza fondazione L:	12.69	m
Azioni estradosso fondazione:		Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	160	Capacità portante (kN):	3709	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	68	Resistenza scorrimento dir B (kN):	1384	Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	1696	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	99	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	647	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	2791	Rd
Azioni intradosso fondazione:		Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	440	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	11.9% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	68	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	4.9% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	119	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	18.4% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	0	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

10.3 CABINATO BATTERIE

10.3.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Batterie	Larghezza fondazione B:	2.23	m
Comb. carico:	SLU static	Lunghezza fondazione L:	9.84	m
Azioni estradosso fondazione:		Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	395	Capacità portante (kN):	2462	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	25	Resistenza scorrimento dir B (kN):	939	Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	997	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	32	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	430	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	1898	Rd
Azioni intradosso fondazione:		Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	609	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	24.7% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	25	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	2.6% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	40	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	9.2% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	0	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

10.3.2 Verifica in campo sismico

Fondazione:	Batterie	Larghezza fondazione B:	2.23	m
Comb. carico:	SLV seismic	Lunghezza fondazione L:	9.84	m
Azioni estradosso fondazione:		Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	264	Capacità portante (kN):	1640	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	112	Resistenza scorrimento dir B (kN):	623	Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Resistenza scorrimento dir L (kN):	997	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	146	M resistente ribaltamento dir B (kNm):	478	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	0	M resistente ribaltamento dir L (kNm):	2109	Rd
Azioni intradosso fondazione:		Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	429	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	26.1% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	112	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	18.0% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	0	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	179	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	37.5% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	0	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	0.0% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

10.4 CABINA DI CONSEGNA

10.4.1 Verifica in campo statico

Fondazione:	Edificio locali tecnici PLATEA		Larghezza fondazione B:	15.00	m
Comb. carico:	SLU static		Lunghezza fondazione L:	10.00	m
Azioni estradosso fondazione:			Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	4160		Capacità portante (kN):	19109	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	82		Resistenza scorrimento dir B (kN):	6776	Rd
Forza di taglio T _L (kN):	125		Resistenza scorrimento dir L (kN):	6721	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	170		M resistente ribaltamento dir B (kNm):	21331	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	258		M resistente ribaltamento dir L (kNm):	14221	Rd
Azioni intradosso fondazione:			Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	4160	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	21.8% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	82	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	1.2% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	125	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	1.9% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	195	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	0.9% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	296	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	2.1% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

10.4.2 Verifica in campo sismico

Fondazione:	Edificio locali tecnici PLATEA		Larghezza fondazione B:	15.00	m
Comb. carico:	SLV seismic X		Lunghezza fondazione L:	10.00	m
Azioni estradosso fondazione:			Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	2871		Capacità portante (kN):	8541	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	1833		Resistenza scorrimento dir B (kN):	4027	
Forza di taglio T _L (kN):	538		Resistenza scorrimento dir L (kN):	5599	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	8266		M resistente ribaltamento dir B (kNm):	21536	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	2405		M resistente ribaltamento dir L (kNm):	14357	Rd
			Rd		
Azioni intradosso fondazione:			Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	2871	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	33.6% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	1833	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	45.5% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	538	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	9.6% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	8816	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	40.9% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	2566	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	17.9% Ed/Rd

Fondazione:	Edificio locali tecnici PLATEA		Larghezza fondazione B:	15.00	m
Comb. carico:	SLV seismic Y		Lunghezza fondazione L:	10.00	m
Azioni estradosso fondazione:			Resistenze: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	2871		Capacità portante (kN):	5205	Rd
Forza di taglio T _B (kN):	550		Resistenza scorrimento dir B (kN):	5981	
Forza di taglio T _L (kN):	1794		Resistenza scorrimento dir L (kN):	2756	Rd
Momento flettente M _B (kNm):	2480		M resistente ribaltamento dir B (kNm):	21536	Rd
Momento flettente M _L (kNm):	8016		M resistente ribaltamento dir L (kNm):	14357	Rd
			Rd		
Azioni intradosso fondazione:			Verifiche: Approccio 2 A1+M1+R3		
Forza verticale N (kN):	2871	Ed	Verifica capacità portante:	VERIFICATO	55.2% Ed/Rd
Forza di taglio T _B (kN):	550	Ed	Verifica scorrimento dir B:	VERIFICATO	9.2% Ed/Rd
Forza di taglio T _L (kN):	1794	Ed	Verifica scorrimento dir L:	VERIFICATO	65.1% Ed/Rd
Momento ribaltante M _B (kNm):	2645	Ed	Verifica ribaltamento dir B:	VERIFICATO	12.3% Ed/Rd
Momento ribaltante M _L (kNm):	8555	Ed	Verifica ribaltamento dir L:	VERIFICATO	59.6% Ed/Rd

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

11 VERIFICHE GEOTECNICHE DI FUNZIONALITÀ DELLA FONDAZIONE

Si procede alla valutazione analitica dei cedimenti e delle rotazioni delle fondazioni superficiali in oggetto attraverso un approccio analitico reperibile nella letteratura tecnica di ambito geotecnico.

I carichi applicati fanno riferimento a quanto riportato ed elaborato al precedente § 4.4, con riferimento alla Combinazione RARA agli Stati Limite di Esercizio.

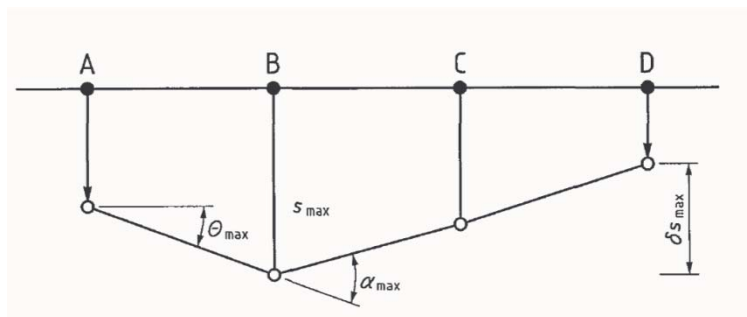
Quanto qui riportato costituisce una valutazione di carattere preliminare.

Si tenga conto di quanto già argomentato al capitolo 7, ovvero che la modellazione e parametrizzazione geotecnica ha carattere preliminare in quanto nella presente fase di progettazione non è consentita l'esecuzione di indagini geognostiche.

Soprattutto le valutazioni sui cedimenti, sempre di per sé molto delicate e dipendenti dai parametri di rigidità, a loro volta tra i più sensibili da essere determinati, sono inficiate da quanto sopra esposto.

La verifica in tal senso è stata condotta con riferimento ai limiti di distorsione delle fondazioni indicati nell'Eurocodice 7 /4/ all'Annex H, nel quale si definiscono come limiti massimi:

- Cedimento assoluto massimo: 50 mm
- Distorsione massima della fondazione: 1/500



I cedimenti sono stati calcolati rispetto ad uno strato di terreno compressibile dello spessore pari a circa 1 volta la dimensione maggiore della fondazione.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

11.1 CABINATO PCS

Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione $L = 7.36 \text{ m}$
 Larghezza fondazione $B = 3.74 \text{ m}$
 Pressione sulla fondazione
 considerata uniform. distribuita $p = 18.52 \text{ kPa}$

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	29.44	14.96	0.24983	4.6	0.23
2	coltre	1.25	1.5	10	5.89	2.99	0.24624	4.6	0.68
3	coltre	3.25	2.5	20	2.26	1.15	0.21072	3.9	0.49
4	coltre	5.75	2.5	20	1.28	0.65	0.15199	2.8	0.35
5	form.alt.	9.00	4	60	0.82	0.42	0.09665	1.8	0.12

Spostamento totale in un angolo (mm): 1.9

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	14.72	7.48	0.24966	4.6	0.23
2	coltre	1.25	1.5	10	2.94	1.50	0.22766	4.2	0.63
3	coltre	3.25	2.5	20	1.13	0.58	0.13664	2.5	0.32
4	form.alt.	5.75	2.5	20	0.64	0.33	0.06968	1.3	0.16
5	form.alt.	9.00	4	60	0.41	0.21	0.03448	0.6	0.04

Spostamento totale al centro (mm): 5.5

Sulla base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	1.87
3.68	5.54
Maximum angular distorsion	
$\beta_{\max} = 0.00099 \text{ rad} = \frac{1}{1005} < 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

11.2 CABINATO TAC

Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione $L = 12.69$ m
Larghezza fondazione $B = 2.94$ m
Pressione sulla fondazione
considerata uniform. distribuita $p = 13.51$ kPa

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	50.76	11.76	0.24985	3.4	0.17
2	coltre	1.25	1.5	10	10.15	2.35	0.24298	3.3	0.49
3	coltre	3.25	2.5	20	3.90	0.90	0.19574	2.6	0.33
4	coltre	5.75	2.5	20	2.21	0.51	0.13759	1.9	0.23
5	form.alt.	9.00	4	60	1.41	0.33	0.09204	1.2	0.08

Spostamento totale in un angolo (mm): 1.3

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	25.38	5.88	0.24943	3.4	0.17
2	coltre	1.25	1.5	10	5.08	1.18	0.21593	2.9	0.44
3	coltre	3.25	2.5	20	1.95	0.45	0.12447	1.7	0.21
4	form.alt.	5.75	2.5	20	1.10	0.26	0.07015	0.9	0.12
5	form.alt.	9.00	4	60	0.71	0.16	0.03899	0.5	0.04

Spostamento totale al centro (mm): 3.9

Sulla base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	1.31
6.35	3.88
Maximum angular distorsion	
$\beta_{\max} = 0.00041 \text{ rad} = 1/2467 < 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

11.3 CABINATO BATTERIE

Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione $L = 9.84 \text{ m}$
 Larghezza fondazione $B = 2.23 \text{ m}$
 Pressione sulla fondazione
 considerata uniform. distribuita $p = 21.13 \text{ kPa}$

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	39.36	8.92	0.24979	5.3	0.26
2	coltre	1.25	1.5	10	7.87	1.78	0.23647	5.0	0.75
3	coltre	3.25	2.5	20	3.03	0.69	0.16898	3.6	0.45
4	coltre	5.75	2.5	20	1.71	0.39	0.10907	2.3	0.29
5	form.alt.	9.00	4	60	1.09	0.25	0.06799	1.4	0.10

Spostamento totale in un angolo (mm): 1.8

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	19.68	4.46	0.24876	5.3	0.26
2	coltre	1.25	1.5	10	3.94	0.89	0.19450	4.1	0.62
3	coltre	3.25	2.5	20	1.51	0.34	0.09682	2.0	0.26
4	form.alt.	5.75	2.5	20	0.86	0.19	0.05022	1.1	0.13
5	form.alt.	9.00	4	60	0.55	0.12	0.02570	0.5	0.04

Spostamento totale al centro (mm): 5.2

Sulla

base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	1.84
4.92	5.22
Maximum angular distortion	
$\beta_{\max} = 0.00069 \text{ rad} = 1/1459 < 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

11.4 CABINA DI CONSEGNA

Valutazione del cedimento della fondazione

Lunghezza fondazione $L = 15 \text{ m}$
 Larghezza fondazione $B = 10 \text{ m}$
 Pressione sulla fondazione
 considerata uniform. distribuita $p = 21.57 \text{ kPa}$

Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	60.00	40.00	0.24989	5.4	0.27
2	coltre	1.25	1.5	10	12.00	8.00	0.24973	5.4	0.81
3	coltre	3.25	2.5	20	4.62	3.08	0.24601	5.3	0.66
4	coltre	5.75	2.5	20	2.61	1.74	0.23248	5.0	0.63
5	form.alt.	9.00	4	60	1.67	1.11	0.20300	4.4	0.29

Spostamento totale in un angolo (mm): 2.7



Strati	Tipo suolo	z (m)	h (m)	E (MPa)	L/z	B/z	Coeff. di influenza	Pressione verticale media (kPa)	Cedimento (mm)
1	coltre	0.25	0.5	10	30.00	20.00	0.24984	5.4	0.27
2	coltre	1.25	1.5	10	6.00	4.00	0.24817	5.4	0.80
3	coltre	3.25	2.5	20	2.31	1.54	0.22639	4.9	0.61
4	form.alt.	5.75	2.5	20	1.30	0.87	0.17786	3.8	0.48
5	form.alt.	9.00	4	60	0.83	0.56	0.12033	2.6	0.17

Spostamento totale al centro (mm): 9.3

Sulla base dei cedimenti sopra calcolati si valuta la distorsione della fondazione.

x	y
0.00	2.66
7.50	9.34
Maximum angular distorsion	
$\beta_{\max} = 0.00089 \text{ rad} = 1/1122 < 1/500$	

Si ritengono le verifiche di funzionalità in condizioni di esercizio dell'opera di fondazione in oggetto pienamente soddisfatte.

Progettazione:  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	Relazione di calcolo fondazioni BESS	Committente:  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

12 PROGETTAZIONE STRUTTURALE DELLA FONDAZIONE

In questo capitolo si riporta il dimensionamento e la verifica strutturale delle fondazioni, condotte a valle della modellazione illustrata al capitolo 8, al quale si rimanda.

Oppure condotta con criteri specifici che saranno dettagliati ove necessario.

I carichi agenti sulle fondazioni sono stati riportati ai capitoli 4.

Nei casi descritti al capitolo 8, le sollecitazioni agenti sulle fondazioni sono determinate eseguendo delle analisi numeriche FEM tridimensionali mediante il software Win-Strand della società En.Ex.Sys in accordo con quanto descritto al capitolo 8. Lo stesso software è impiegato per la conduzione delle verifiche di resistenza strutturale (a flessione e taglio) che sono oggetto dei paragrafi che seguono.

In alternativa, nel caso di fondazioni dalla più semplice geometria o condizione di carico, potranno essere impiegati criteri analitici di valutazione delle sollecitazioni mutuati dalla scienza e tecnica delle costruzioni.

Per la verifica a flessione delle sezioni in c.c.a. delle fondazioni, si è operato in campo sismico, in accordo con il § 7.2.2 delle NTC2018 /1/, nel quale si afferma che *“Le strutture di fondazione e i relativi elementi strutturali devono essere progettati sulla base della domanda ad essi trasmessa dalla struttura sovrastante (si veda § 7.2.5) attribuendo loro comportamento strutturale non dissipativo, indipendentemente dal comportamento attribuito alla struttura su di essi gravante”*.

Pertanto, si farà riferimento ad un comportamento sostanzialmente lineare dei materiali, facendo sì che i valori tensionali massimi raggiungibili dai materiali (calcestruzzo ed acciaio) risultino inferiori a quelli massimi di progetto (f_{cd} lato calcestruzzo e f_{yd} lato acciaio).

In particolare, allo scopo di garantire che gli elementi in c.c.a. costituenti le fondazioni rimangano in *“campo sostanzialmente elastico”* (cfr. NTC2018 /1/ § 4.1.2.3.4.2), non solo si limiteranno le tensioni ai valori massimi sopra citati ma, con riferimento ai legami costitutivi dei materiali (calcestruzzo ed acciaio) riportati al § 4.1 delle NTC, si limiteranno le deformazioni consentite ai valori:

- $\epsilon_{c2} = 0.20 \%$ per quanto riguarda il calcestruzzo;
- $\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$ per quanto riguarda l'acciaio da armatura.

In tal modo si garantisce che la sezione sia analizzata con i materiali costituenti che rimangono nel ramo sostanzialmente elastico di comportamento.

Tale strategia è adottata anche per quanto riguarda le verifiche in campo statico.

In merito alle verifiche di resistenza SLU degli elementi in c.c.a., si adotta a favore di sicurezza la classe di calcestruzzo C25/30, mentre la classe realizzativa corrisponderà a C32/40, come riportato al capitolo 5 del presente elaborato.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

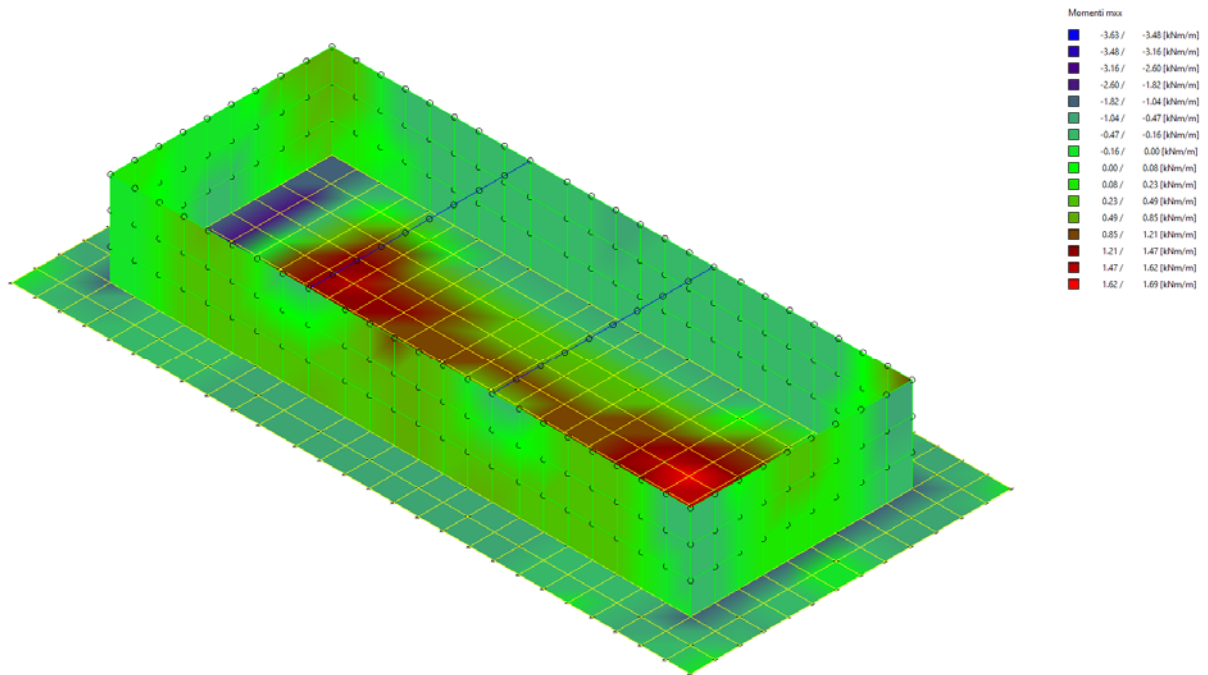


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

12.1 CABINATO PCS

Principali risultati in termini di sollecitazioni nella fondazione:

Momento m_{xx} combinazione SLU Neve



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

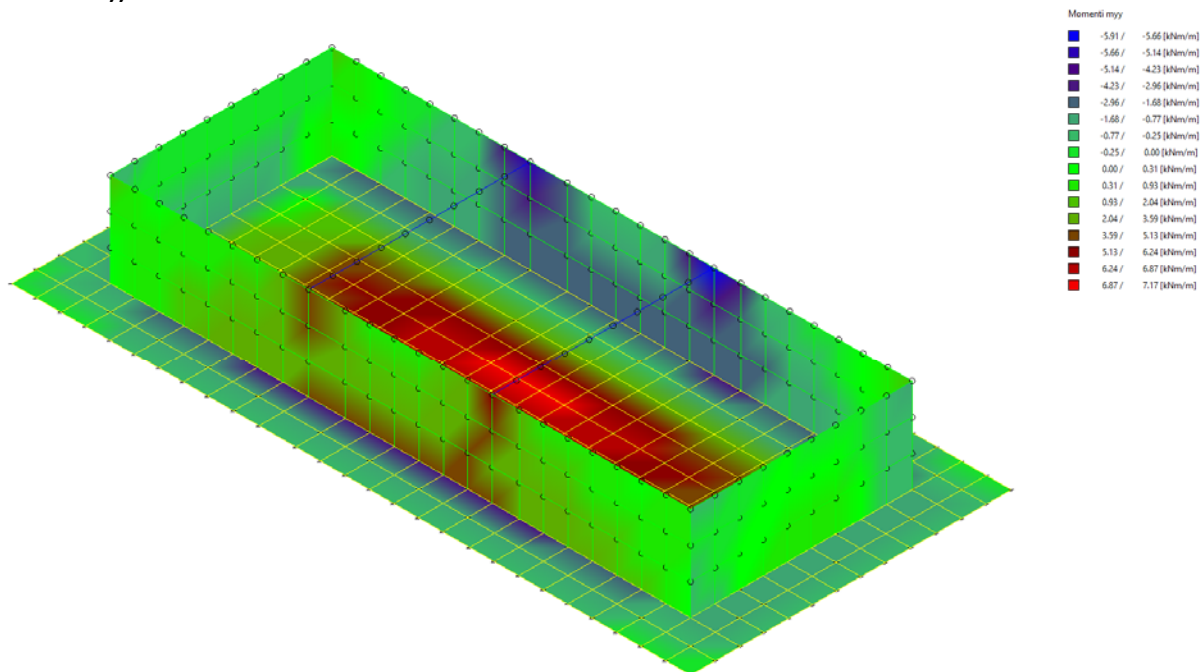
Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

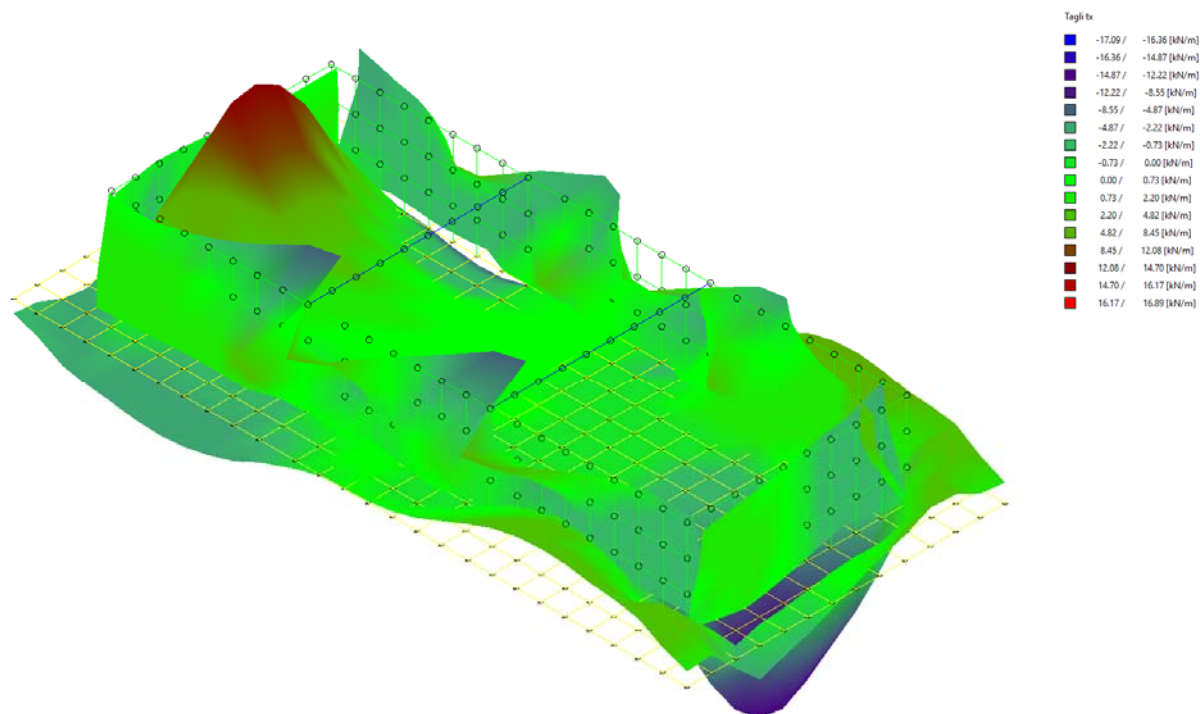


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Momento m_{vy} combinazione SLU Neve



Momento t_x combinazione SLU Neve



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

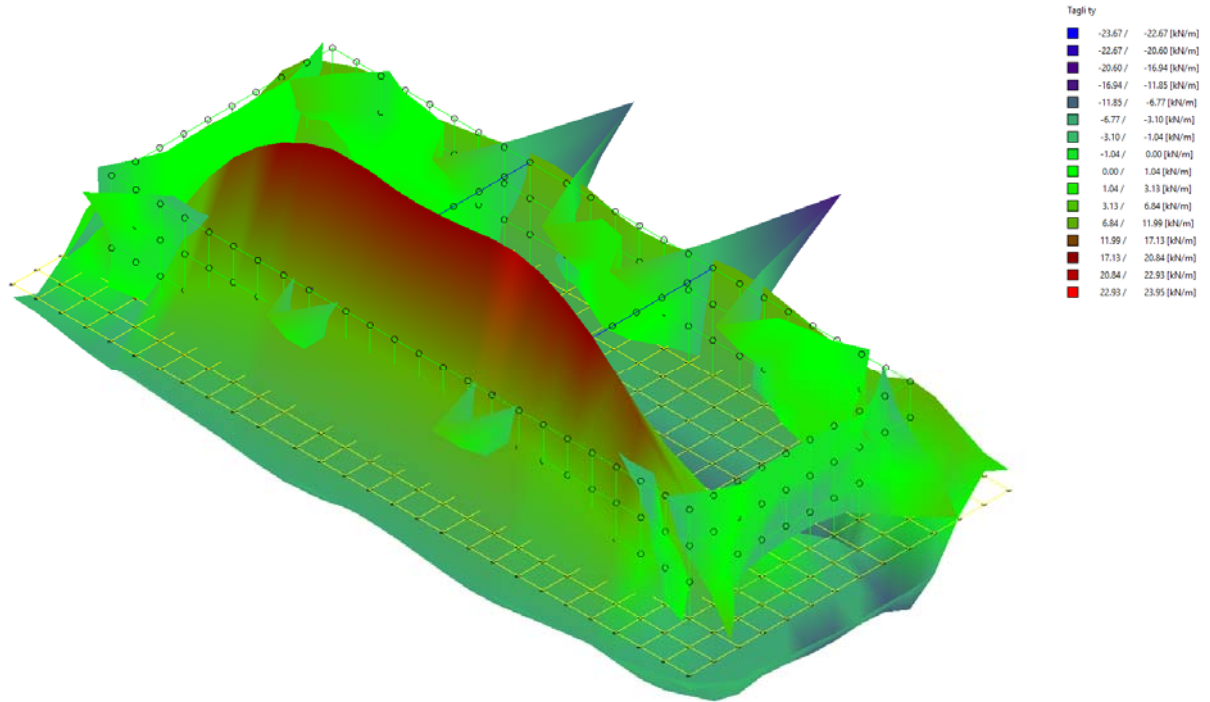
Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Momento t_y combinazione SLU Neve



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

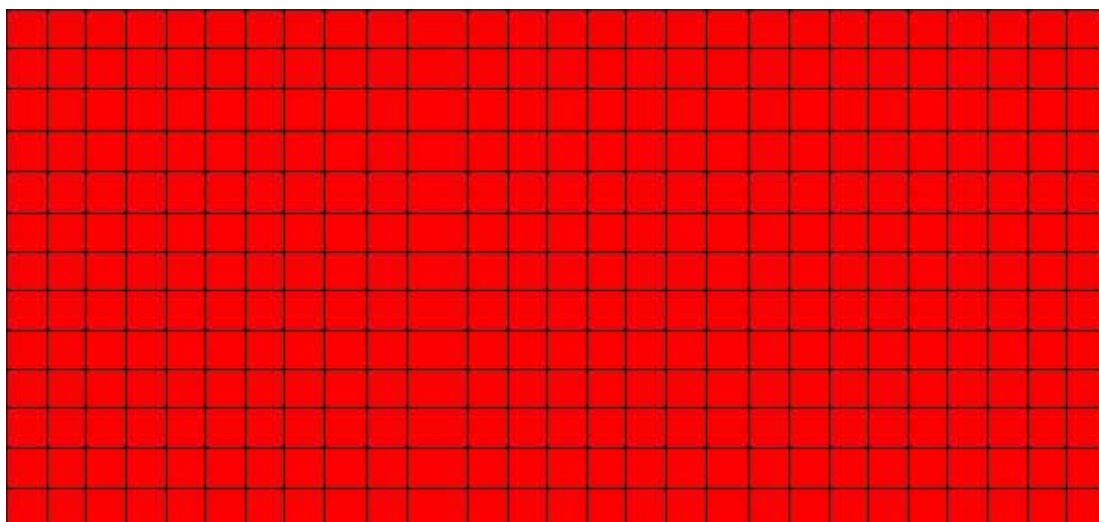
12.1.1 Verifica soletta di base

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro $\phi = 12\text{mm}$, disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di $200 \times 200\text{mm}$.

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

Mappa armature di Estradosso

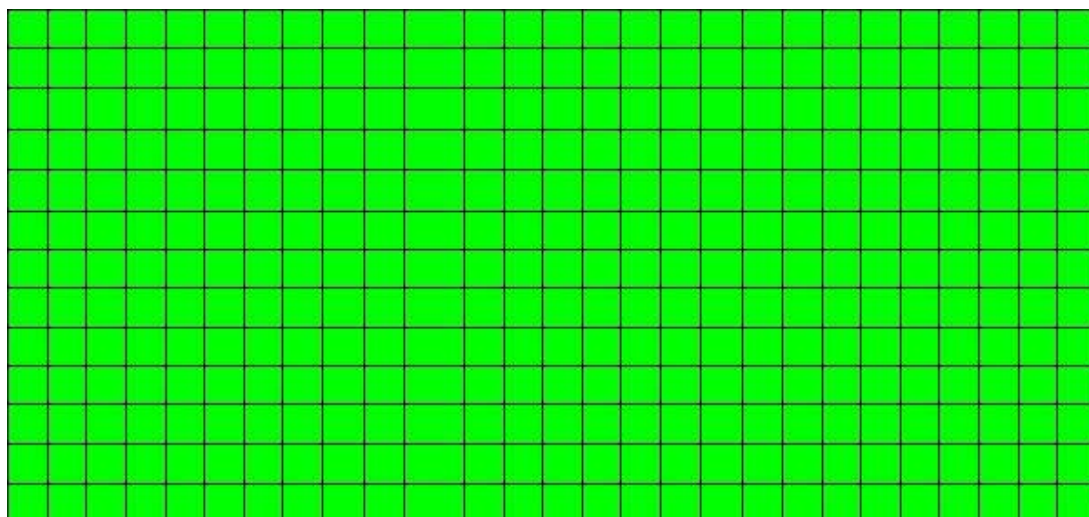


Colore

Armature

top $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Mappa armature di Intradosso



Colore

Armature

bottom $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLU a flessione

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	ϵ_{yd} ‰	ϵ_{ud} ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	ϵ_{cz} ‰	ϵ_{cu} ‰	f_{ctd} [MPa]	ϵ_{ctd} ‰	E_{cm} [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

Sezione

- sezione 1 H=30.00 [cm]

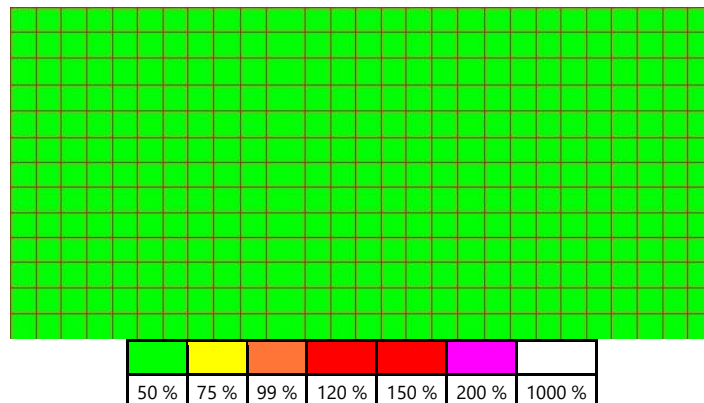
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	0.00	[kN/m]	N_{11}	0.00	[kN/m]
N_y	0.00	[kN/m]	N_{22}	0.00	[kN/m]
N_{xy}	0.00	[kN/m]	α	-0.00	[°]
M_{xx}	-1.20	[kNm/m]	M_{11}	-1.19	[kNm/m]
M_y	-8.44	[kNm/m]	M_{22}	-8.44	[kNm/m]
M_{xy}	-0.15	[kNm/m]	α	-1.20	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.16	Estradosso	-0.011	-0.019	-0.032	-0.569	-6.94
	Intradosso	0.090	1.865	2.499	0.028	78.93



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLE

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	σ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	f_{ctd} [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	E_{cm} [MPa]	σ [MPa]	w_{Max} mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

Sezione

- sezione 1 H=30.00 [cm]

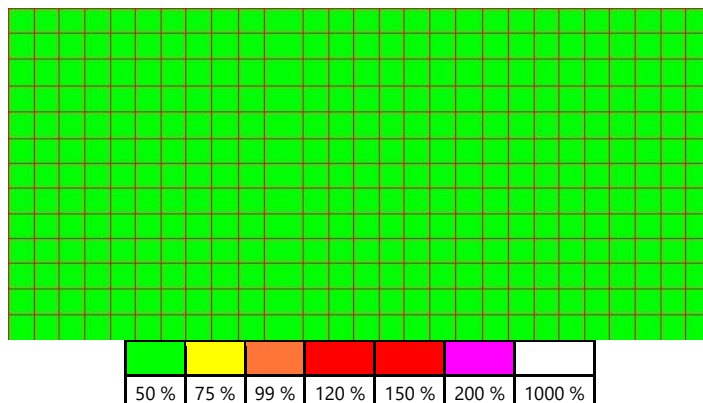
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	0.00	[kN/m]	N_{11}	0.00	[kN/m]
N_y	0.00	[kN/m]	N_{22}	0.00	[kN/m]
N_{xy}	0.00	[kN/m]	α	-0.00	[°]
M_{xx}	0.69	[kNm/m]	M_{11}	0.69	[kNm/m]
M_y	5.45	[kNm/m]	M_{22}	5.45	[kNm/m]
M_{xy}	0.00	[kNm/m]	α	-0.02	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [MPa]	σ_y [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	θ [°]		
0.09	Estradosso	0.39	3.11	0.00	89.98	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-0.39	-3.11	-0.38	-0.02	NON Fessurato	0.000



Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$ di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{ed,x}$	$V_{ed,y}$	V_{ed}	d	$V_{uc,x}$	$V_{uc,y}$	V_{uc}	A_{sw}	s	$V_{Rd,s}$	V_{Rd}
				[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[mm ²]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
elemento nodi 766 1123	1	7	0.13	0.06	20.60	20.60	236.00	109.93	109.93	155.46	0	0.00	0.00	155.46

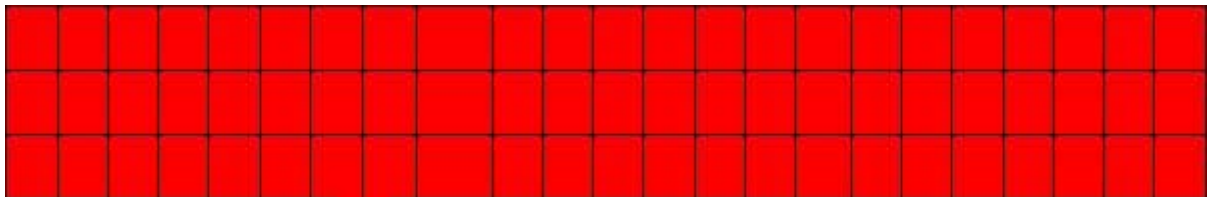
12.1.2 Verifica parete lunga controterra

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro $\phi = 12\text{mm}$, disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di $200 \times 200\text{mm}$.

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

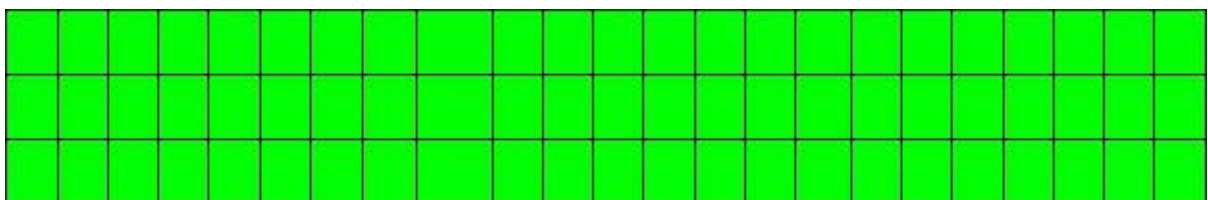
Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

Mappa armature di Estradosso



Colore	Armature
Red	top $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Mappa armature di Intradosso



Colore	Armature
Green	bottom $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLU a flessione

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	ϵ_{yd} ‰	ϵ_{ud} ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	ϵ_{cz} ‰	ϵ_{cu} ‰	f_{ctd} [MPa]	ϵ_{ctd} ‰	E_{cm} [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

Sezione

- sezione 2 H=25.00 [cm]

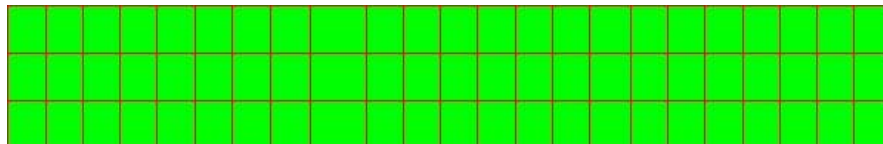
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	-2.52	[kN/m]	N_{11}	-2.47	[kN/m]
N_y	-15.50	[kN/m]	N_{22}	-15.55	[kN/m]
N_{xy}	0.83	[kN/m]	α	3.65	[°]
M_{xx}	1.02	[kNm/m]	M_{11}	1.01	[kNm/m]
M_y	8.45	[kNm/m]	M_{22}	8.46	[kNm/m]
M_{xy}	0.26	[kNm/m]	α	-1.98	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.17	Estradosso	0.192	1.865	2.852	0.022	73.01
	Intradosso	0.010	-0.011	-0.042	-0.776	-9.43



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLE

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	σ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	f_{ctd} [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	E_{cm} [MPa]	σ [MPa]	w_{Max} mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

Sezione

- sezione 2 H=25.00 [cm]

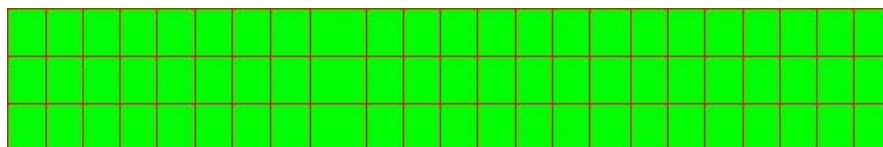
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	-22.50	[kN/m]	N_{11}	-11.14	[kN/m]
N_y	-54.07	[kN/m]	N_{22}	-65.43	[kN/m]
N_{xy}	22.08	[kN/m]	α	27.22	[°]
M_{xx}	-0.15	[kNm/m]	M_{11}	-0.72	[kNm/m]
M_{yy}	4.17	[kNm/m]	M_{22}	4.74	[kNm/m]
M_{xy}	-1.66	[kNm/m]	α	18.76	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [MPa]	σ_y [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	θ [°]		
0.04	Estradosso	-1.36	0.01	-0.11	-76.59	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	-1.15	-6.06	-0.66	22.14	NON Fessurato	0.000



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$ di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	V_{Ed} [kN/m]	d [mm]	$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	V_{uc} [kN/m]	A_{sw} [mm ²]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	V_{Rd} [kN/m]
elemento nodi 767 908	2	7	0.10	-0.47	-12.94	12.95	186.00	92.07	92.07	130.20	0	0.00	0.00	130.20

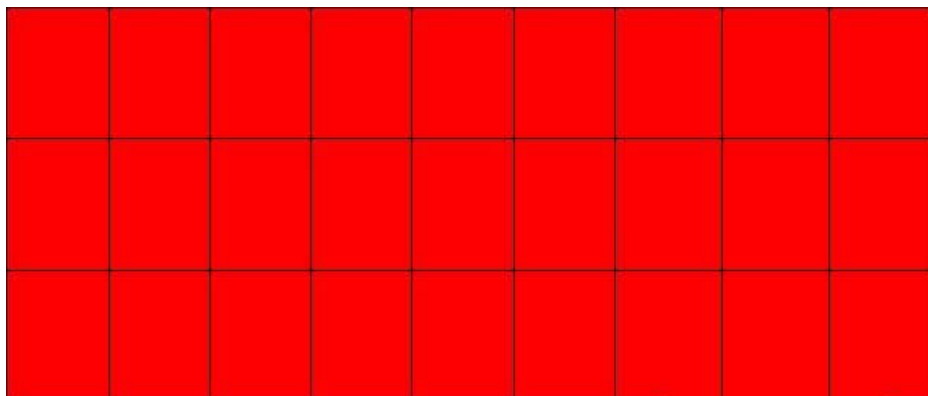
12.1.3 Verifica parete corta controterra

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro $\phi = 12\text{mm}$, disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di $200 \times 200\text{mm}$.

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

Mappa armature di Estradosso

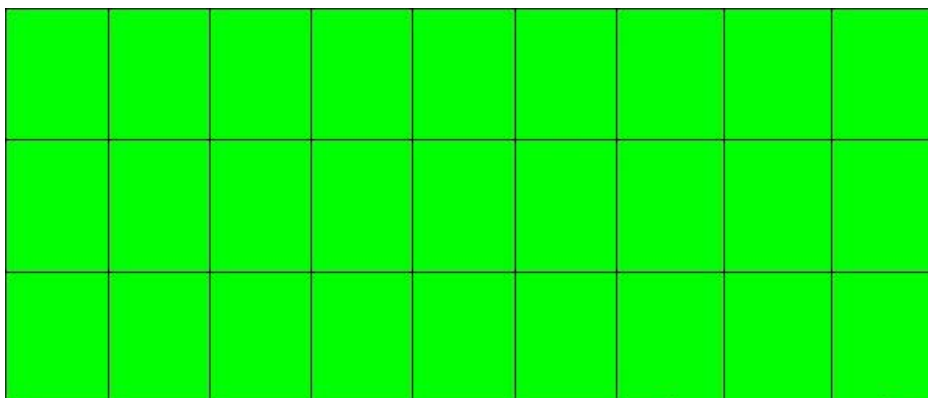


Colore

Armature

top $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Mappa armature di Intradosso



Colore

Armature

bottom $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLU a flessione

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	ϵ_{yd} ‰	ϵ_{ud} ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	ϵ_{cz} ‰	ϵ_{cu} ‰	f_{ctd} [MPa]	ϵ_{ctd} ‰	E_{cm} [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

Sezione

- sezione 2 H=25.00 [cm]

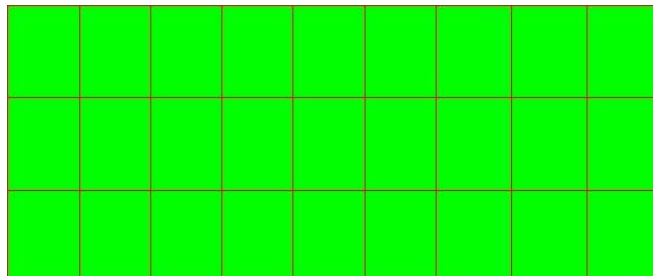
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	15.64	[kN/m]	N_{11}	15.77	[kN/m]
N_y	-19.13	[kN/m]	N_{22}	-19.27	[kN/m]
N_{xy}	-2.20	[kN/m]	α	-3.60	[°]
M_{xx}	-2.78	[kNm/m]	M_{11}	-2.81	[kNm/m]
M_y	-0.31	[kNm/m]	M_{22}	-0.28	[kNm/m]
M_{xy}	0.28	[kNm/m]	α	-6.40	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.11	Estradosso	0.238	-0.042	-0.063	-0.426	77.04
	Intradosso	1.865	0.057	2.651	-0.043	-13.17



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLE

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	σ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	$\epsilon_{cz}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	f_{ctd} [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	E_{cm} [MPa]	σ [MPa]	w_{Max} mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

Sezione

- sezione 2 H=25.00 [cm]

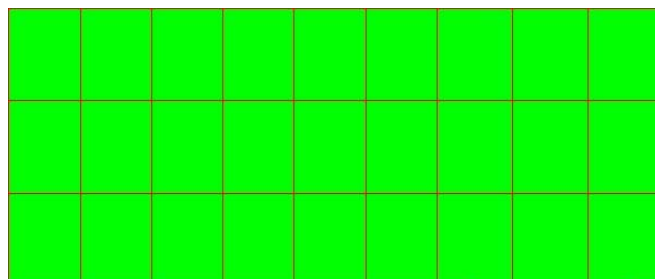
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	7.91	[kN/m]	N_{11}	9.62	[kN/m]
N_y	-17.99	[kN/m]	N_{22}	-19.69	[kN/m]
N_{xy}	6.86	[kN/m]	α	13.95	[°]
M_{xx}	-0.14	[kNm/m]	M_{11}	-0.10	[kNm/m]
M_y	-0.24	[kNm/m]	M_{22}	-0.27	[kNm/m]
M_{xy}	-0.07	[kNm/m]	α	-26.40	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [MPa]	σ_y [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	θ [°]		
0.03	Estradosso	0.34	-1.17	-0.09	10.97	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	0.54	-0.83	-0.06	18.61	NON Fessurato	0.000



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$ di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	V_{Ed} [kN/m]	d [mm]	$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	V_{uc} [kN/m]	A_{sw} [mm ²]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	V_{Rd} [kN/m]
elemento nodi 893 37	2	11	0.04	5.65	-1.02	5.74	186.00	92.07	92.07	130.20	0	0.00	0.00	130.20

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

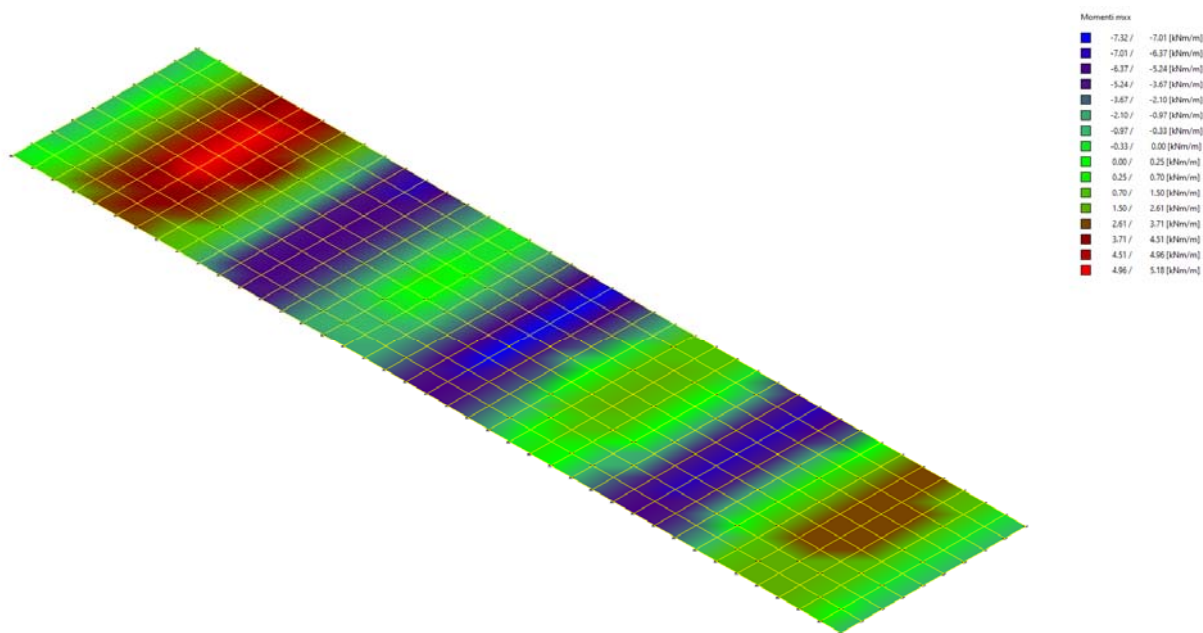


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

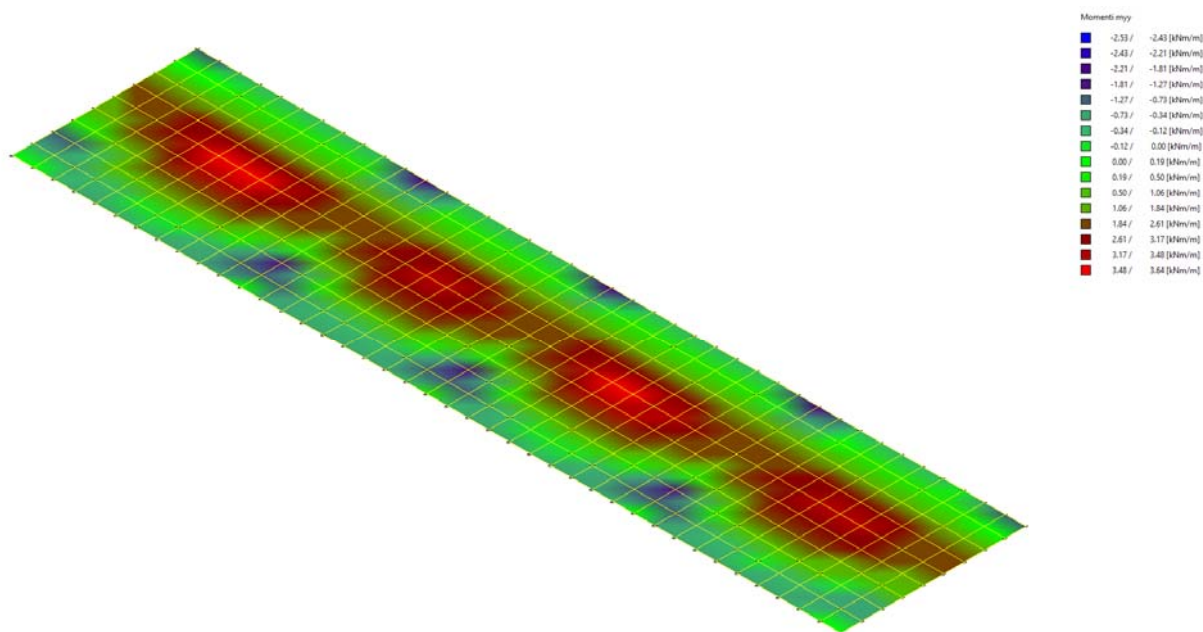
12.2 CABINATO BATTERIE

Principali risultati in termini di sollecitazioni nella fondazione:

Momento m_{xx} combinazione SLU Neve



Momento m_{yy} combinazione SLU Neve



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

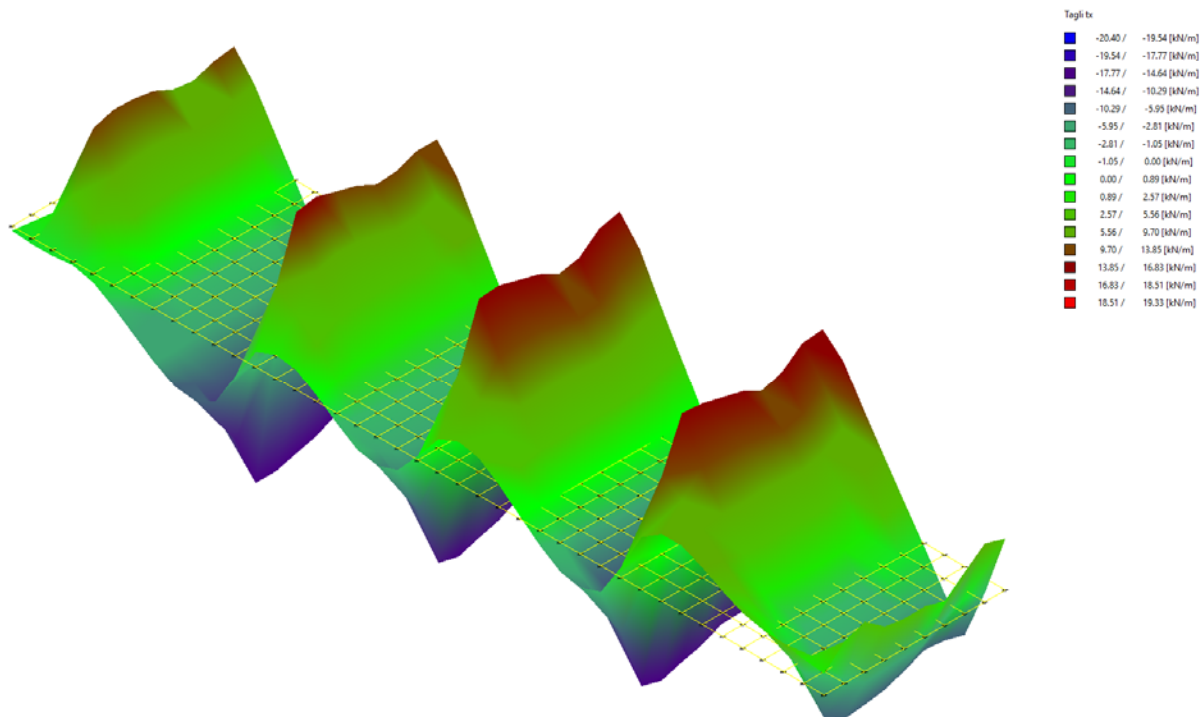
Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

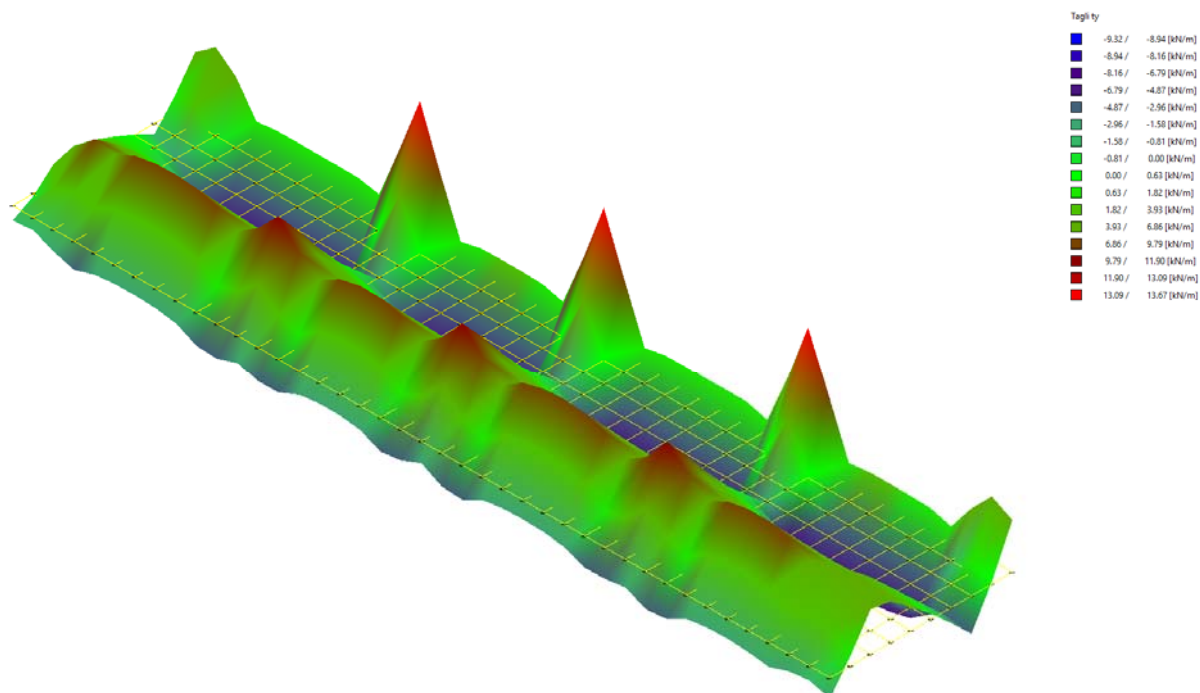


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Momento t_x combinazione SLU Neve



Momento t_y combinazione SLU Neve



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

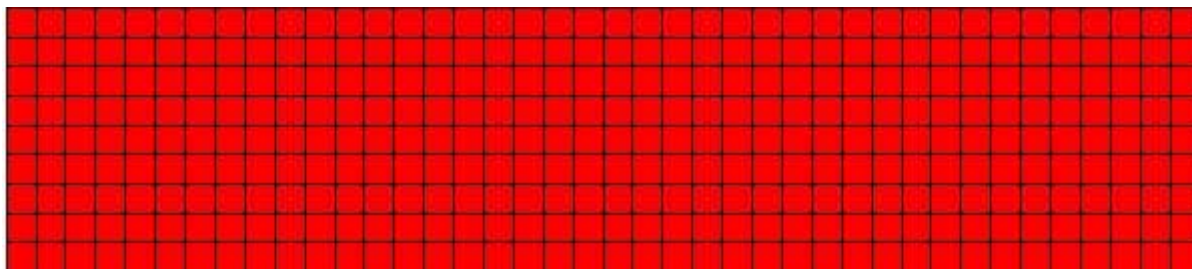
12.2.1 Verifica soletta di base

L'elemento in oggetto viene armato con armature diametro $\phi = 12\text{mm}$, disposte sia all'intradosso che all'estradosso e nelle due direzioni, con passo uniforme di $200 \times 200\text{mm}$.

Non si prevede l'impiego di specifiche armature a taglio.

Il tutto è riepilogato nelle seguenti immagini.

Mappa armature di Estradosso

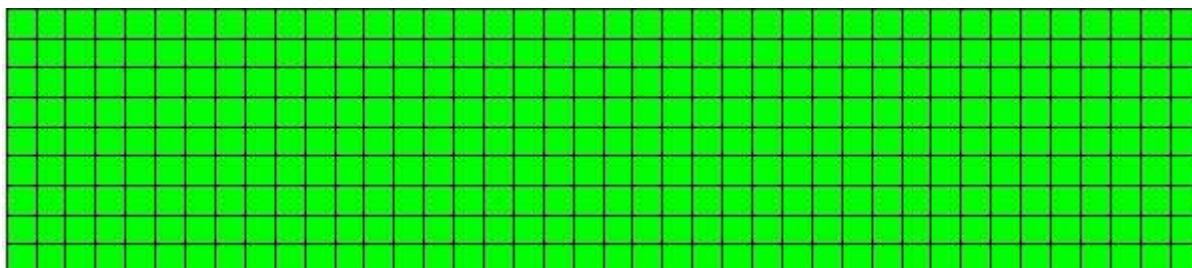


Colore

Armature

top $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Mappa armature di Intradosso



Colore

Armature

bottom $\phi 12/20'$ X c=46.00 [mm] + $\phi 12/20'$ Y c=58.00 [mm]

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLU a flessione

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	ϵ_{yd} ‰	ϵ_{ud} ‰	$\epsilon_{ud,Elastic}$ ‰
391.30	1.86	1.90	1.87

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	ϵ_{cz} ‰	ϵ_{cu} ‰	f_{ctd} [MPa]	ϵ_{ctd} ‰	E_{cm} [MPa]	$\epsilon_{cu,Elastic}$ ‰
14.17	-2.00	-2.00	1.20	0.08	14166.70	-2.00

Sezione

- sezione 1 H=30.00 [cm]

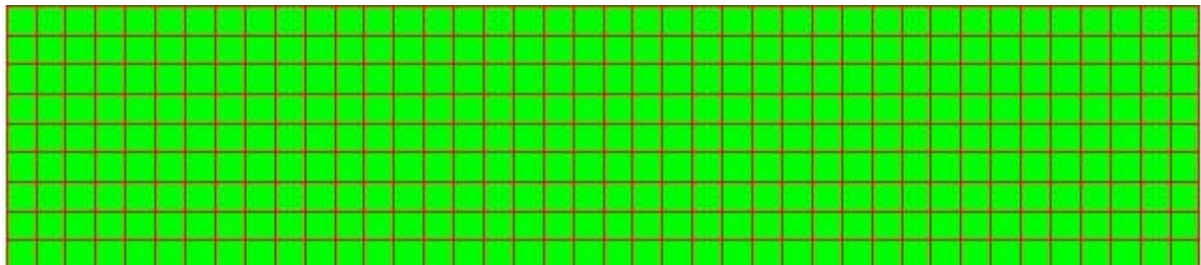
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	0.00	[kN/m]	N_{11}	0.00	[kN/m]
N_y	0.00	[kN/m]	N_{22}	0.00	[kN/m]
N_{xy}	0.00	[kN/m]	α	-0.00	[°]
M_{xx}	-7.56	[kNm/m]	M_{11}	-7.81	[kNm/m]
M_y	-2.44	[kNm/m]	M_{22}	-2.19	[kNm/m]
M_{xy}	-1.17	[kNm/m]	α	12.28	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		θ [°]
		ϵ_x ‰	ϵ_y ‰	ϵ_{min} ‰	ϵ_{max} ‰	
0.16	Estradosso	0.036	0.059	-0.052	-0.595	-63.97
	Intradosso	1.865	0.810	3.422	-0.004	33.25



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %
------	------	------	-------	-------	-------	--------

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche SLE

Proprietà dei materiali

Acciaio B 450 C elastic

f_{yd} [MPa]	$\epsilon_{yd}\%$	$\epsilon_{ud}\%$	σ [MPa]
391.30	1.86	1.90	360.00

Calcestruzzo C 25/30 elastic

f_{cd} [MPa]	$\epsilon_{cd}\%$	$\epsilon_{cu}\%$	f_{ctd} [MPa]	$\epsilon_{ctd}\%$	E_{cm} [MPa]	σ [MPa]	w_{Max} mm
14.17	-2.00	-2.00	2.56	0.18	14166.70	15.00	0.40

Sezione

- sezione 1 H=30.00 [cm]
-

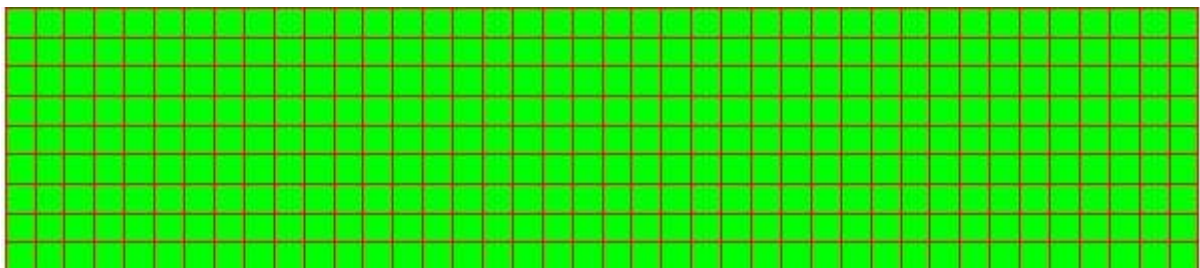
Estradosso				Intradosso			
Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]	Af_x [mm ²] / m	$cf_{x,Eq}$ [mm]	Af_y [mm ²] / m	$cf_{y,Eq}$ [mm]
565	46.00	565	58.00	565	46.00	565	58.00

Azioni di verifica Combinazione 4

N_x	0.00	[kN/m]	N_{11}	0.00	[kN/m]
N_y	0.00	[kN/m]	N_{22}	0.00	[kN/m]
N_{xy}	0.00	[kN/m]	α	-0.00	[°]
M_{xx}	-4.52	[kNm/m]	M_{11}	-5.43	[kNm/m]
M_{yy}	-2.59	[kNm/m]	M_{22}	-1.67	[kNm/m]
M_{xy}	-1.61	[kNm/m]	α	29.54	[°]

Verifiche

Cr=S/R	Posizione	Acciaio		Calcestruzzo		Stato	Ampiezza Fessure mm
		σ_x [MPa]	σ_y [MPa]	$\sigma_{c,Max}$ [MPa]	θ [°]		
0.10	Estradosso	-2.58	-1.48	-0.42	-59.69	NON Fessurato	0.000
	Intradosso	2.58	1.48	0.00	30.31	NON Fessurato	0.000



50 %	75 %	99 %	120 %	150 %	200 %	1000 %

Come si vede dalla mappa sintetica sopra riportata, la verifica è soddisfatta in tutto l'elemento.

Progettazione:

via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 Castel Maggiore (BO)

Relazione di calcolo fondazioni BESS

Committente:

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.
via della Chimica, 103
85100 Potenza (PZ)

Verifiche a taglio

$\cotg(\theta)$ di equilibrio

Nodi	Sez.	Comb.	Cr=S/R	Sd				Sr						
				$V_{Ed,x}$ [kN/m]	$V_{Ed,y}$ [kN/m]	V_{Ed} [kN/m]	d [mm]	$V_{uc,x}$ [kN/m]	$V_{uc,y}$ [kN/m]	V_{uc} [kN/m]	A_{sw} [mm ²]	s [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN/m]	V_{Rd} [kN/m]
elemento nodi 349 391	1	4	0.17	19.88	16.46	25.81	236.00	109.93	109.93	155.46	0	0.00	0.00	155.46

13 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Le elaborazioni di carattere geotecnico sono condotte con noti metodi di calcolo analitico, mutuati dalla bibliografia tecnica e scientifica. Risultano tutti di comprovata affidabilità, e sono implementati in semplici fogli di calcolo che da anni sono stati ben validati dagli scriventi progettisti nel corso di numerosi progetti.

I risultati delle elaborazioni numeriche di carattere strutturale sono stati sottoposti a controlli dagli scriventi progettisti delle opere in oggetto. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.