

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
FA-FABBRICATI
FA06 - FABBRICATO SSE AL KM 16+765,00
STRUTTURE
RELAZIONE GEOTECNICA**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data:	Consorzio Iricav Due Ing. Paolo CARMONA Data:	Valido per costruzione Data:		

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

I N 1 7 1 2 E I 2 R B F A 0 6 0 0 0 0 1 B 0 0 1 P 0 0 1

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	MBI 	01/09/2021	MPA 	01/09/2021	GSA 	01/09/2021	 Data: 11/02/2022
B	REVISIONE PER ISTRUTTORIA VALIDATORE	MBI 	11/02/2022	MPA 	11/02/2022	GSA 	11/02/2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RBFA0600001B_01
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 2 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

INDICE

1	ELABORATI DI RIFERIMENTO	3
2	PREMESSA	5
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
5	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA	11
6	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	12
7	PARAMETRI GEOTECNICI	14
7.1	COSTANTE DI SOTTOFONDO FABBRICATO SSE	14
7.2	COSTANTE DI SOTTOFONDO CABINA TERNA	15
8	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE	21
9	LIQUEFAZIONE	23
10	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	24
11	ANALISI FEM	28
11.1	STRUMENTI SOFTWARE	28
11.1.1	AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO	28
11.1.2	VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	28
11.1.3	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	28
11.2	MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO	29
12	VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE	31
12.1	VERIFICHE GEOTECNICHE SSE.....	31
12.2	VERIFICHE GEOTECNICHE CABINA TERNA	35

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 3 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

CODIFICA	TITOLO ELABORATO
IN1712EI2EEFA0600001B	ELENCO ELABORATI
IN1712EI2RGFA0600001A	RELAZIONE GENERALE DI CONFRONTO PD-PE
IN1712EI2RHFA0600001B	RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA
IN1712EI2RIFA0600001A	RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
IN1712EI2RBFA0600001B	RELAZIONE GEOTECNICA
IN1712EI2RHFA0600002A	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI
IN1712EI2CLFA0600001B	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
IN1712EI2RHFA0600003B	RELAZIONE SISMICA
IN1712EI2CMFA0600001A	COMPUTO METRICO
IN1712EI2CEFA0600001A	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO
IN1712EI2RHFA0600004A	ELENCO PREZZI UNITARI
IN1712EI2APFA0600001A	ANALISI NUOVI PREZZI
IN1712EI2RHFA0600005A	PIANO DI MANUTENZIONE
IN1712EI2RHFA0600006A	RELAZIONE TECNICA ILLUMINAZIONE STRADALE
IN1712EI2P7FA0600001B	PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO
IN1712EI2P9FA0600001A	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI FATTO-RILIEVO TOPOGRAFICO
IN1712EI2P9FA0600002B	PLANIMETRIA GENERALE STATO DI PROGETTO
IN1712EI2B9FA0600001B	PIAZZALE-STATO DI PROGETTO E ANDAMENTO ALTIMETRICO
IN1712EI2P9FA0600003B	PIAZZALE-COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI
IN1712EI2PZFA0600001B	PIAZZALE-TRATTAMENTO SUPERFICI
IN1712EI2BZFA0600001A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 1 DI 3
IN1712EI2BZFA0600002A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 2 DI 3
IN1712EI2BZFA0600003A	PIAZZALE - PROFILO E SEZIONI TRASVERSALI 3 DI 3
IN1712EI2BZFA0600004A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI - SEZIONE TIPO
IN1712EI2BZFA0600005A	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 1 DI 4
IN1712EI2BZFA0600006A	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 2 DI 4
IN1712EI2BZFA0600007B	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 3 DI 4
IN1712EI2BZFA0600008B	STRADA DI ACCESSO - PROFILO E SEZIONI 4 DI 4
IN1712EI2BZFA0600009A	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 1 DI 4
IN1712EI2BZFA0600010B	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 2 DI 4
IN1712EI2BZFA0600011B	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 3 DI 4
IN1712EI2BZFA0600012A	STRADA PERIMETRALE - PROFILO E SEZIONI 4 DI 4
IN1712EI2BZFA0600013B	STRADA DI ACCESSO - SEGNALETICA ORIZZONTALE E VERTICALE
IN1712EI2BZFA0600014B	STRADA DI ACCESSO - IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
IN1712EI2P9FA0600004B	PIAZZALE - PLANIMETRIA DEI SOTTOSERVIZI DI PROGETTO
IN1712EI2P9FA0600005B	PIAZZALE - PLANIMETRIA RETE ACQUE METEORICHE DI PROGETTO
IN1712EI2FZFA0600001B	PIAZZALE - PROFILI OPERE IDRAULICHE

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 4 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

IN1712EI2BZFA0600015A	PIAZZALE - PARTICOLARI COSTRUTTIVI OPERE IDRAULICHE
IN1712EI2BZFA0600016A	PIAZZALE E FABBRICATO - PLANIMETRIA RETE ACQUE REFLUE DI PROGETTO E PARTICOLARI COSTRUTTIVI
IN1712EI2PZFA0600002A	PIAZZALE E FABBRICATO - PLANIMETRIA RETE IDRICA DI PROGETTO
IN1712EI2PZFA0600003A	PIAZZALE - PLANIMETRIA OPERE ELETTROMECCANICHE INTERRATE
IN1712EI2PBFA0600001A	FABBRICATO: PIANTE
IN1712EI2PBFA0600002A	FABBRICATO: PROSPETTI
IN1712EI2WBFA0600001A	FABBRICATO: SEZIONI
IN1712EI2BZFA0600017A	FABBRICATO: PARTICOLARI PARTE 1/2
IN1712EI2BZFA0600018A	FABBRICATO: PARTICOLARI PARTE 2/2
IN1712EI2BKFA0600001A	FABBRICATO: ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0600001A	FABBRICATO: ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0600001A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE FONDAZIONI
IN1712EI2BBFA0600002A	FABBRICATO - Carpenterie : PIANTE COPERTURA
IN1712EI2BZFA0600019A	FABBRICATO - Carpenterie : SEZIONI
IN1712EI2BZFA0600020A	FABBRICATO - ARMATURE FONDAZIONI
IN1712EI2BZFA0600021A	FABBRICATO - ARMATURE PILASTRI E SOLETTA CONTROTERRA
IN1712EI2BZFA0600022A	FABBRICATO - ARMATURE TRAVI
IN1712EI2BBFA0600003A	FABBRICATO: PIANTA POZZETTI
IN1712EI2BBFA0600004A	FABBRICATO - CABINA TERNA: PIANTA POZZETTI
IN1712EI2PBFA0600003A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PIANTA , SEZIONI, PROSPETTI
IN1712EI2BKFA0600002A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PARTICOLARI PARTE 1/2
IN1712EI2BKFA0600003A	FABBRICATO - CABINA TERNA : PARTICOLARI PARTE 2/2
IN1712EI2BKFA0600004A	FABBRICATO - CABINA TERNA : ABACO PACCHETTI TECNOLOGICI
IN1712EI2BCFA0600002A	FABBRICATO - CABINA TERNA : ABACO PORTE E FINESTRE
IN1712EI2BBFA0600005A	FABBRICATO - CABINA TERNA - PIANTA FONDAZIONI E COPERTURA
IN1712EI2BBFA0600006A	FABBRICATO - CABINA TERNA - SEZIONI
IN1712EI2BZFA0600023A	FABBRICATO - CABINA TERNA - ARMATURE FONDAZIONI, PILASTRI, TRAVI E SOLAI

Elaborati di riferimento del Progetto Esecutivo:

- [1] IN1710EI2RHGE0000001A Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [2] IN1710EI2RHGE0000003A Relazione idrogeologica 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [3] IN1710EI2RBGE0000002B Relazione geotecnica (da 10+050 a 21+990)
- [4] IN1710EI2LZGE0000015A Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico 4 di 11
- [5] IN1710EI2RHGE0000005A Relazione sulla modellazione sismica del sito e pericolosità sismica di base 1/2 (da 0+000 a 21+990)
- [6] IN1710EI2P5GE0000004A Planimetrie con classificazione sismica del territorio 4 di 11

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 5 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

2 PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto esecutivo delle opere strutturali del fabbricato FA06 – SSE e relativa cabina terna al km 16+765,00 da realizzare nella tratta Verona - Padova, sub-lotto Verona – Montebello Vicentino, nell’ambito della progettazione esecutiva della linea AV/AC Torino-Venezia. In particolare la relazione illustra i parametri geotecnici alla base del progetto e riporta i calcoli del progetto esecutivo delle opere in fondazione.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Dal punto di vista architettonico il fabbricato SSE è composto da un unico organismo edilizio, a pianta rettangolare con dimensioni (26,00x12,00) m e un solo piano fuori terra, copertura a padiglione con pendenza delle falde di 19°, altezza al colmo di 7,30 m e finitura con tegole laterizie, cornicione/veletta perimetrale in calcestruzzo faccia a vista con altezza alla gronda di 4,60 m fuori terra, murature perimetrali e interne in blocchi forati di calcestruzzo vibro-compresso rivestiti all’interno e faccia a vista all’esterno.

La struttura si compone di un unico corpo con dimensioni in pianta di (25,50x11,50) m, misurate sugli assi strutturali. La struttura in elevazione è costituita da un’intelaiatura spaziale di travi e pilastri in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera e dall’unico solaio di copertura laterocementizio, con travetti tralicciati e pignatte di alleggerimento. Sugli allineamenti trasversali sono previste “catene” in cls armato alla quota di imposta della copertura che assorbono la spinta dovuta all’inclinazione delle falde e contrastano l’inflessione laterale dei pilastri interni che proseguono al di sopra delle catene, fino alla copertura. In questa tipologia l’immagine della struttura trasversale ricorda quella tipica della struttura “a capriata” senza averne però il comportamento statico. Le travi di falda sono a spessore di solaio (s=26 cm), quelle di colmo hanno sezione (40x70) cm e quelle di displuvio (30x70) cm; anche le travi perimetrali hanno sezione (30x70) cm e raccordano la quota della falda con quella del cornicione, quest’ultimo con spessore di 18 cm, mentre la catena ha sezione (40x30) cm. I pilastri perimetrali hanno sezione (30x70) cm mentre i tre interni sono (40x60) cm. La struttura di fondazione è costituita da un reticolo di travi. E’ prevista una trave perimetrale a “T rovescia” con suola di (100x40) cm e anima di (45x80) cm, una trave longitudinale “di spina” anch’essa a T rovescia con suola di (140x40) cm e anima di (40x80) cm, travi di collegamento poste sugli allineamenti strutturali trasversali e delle murature

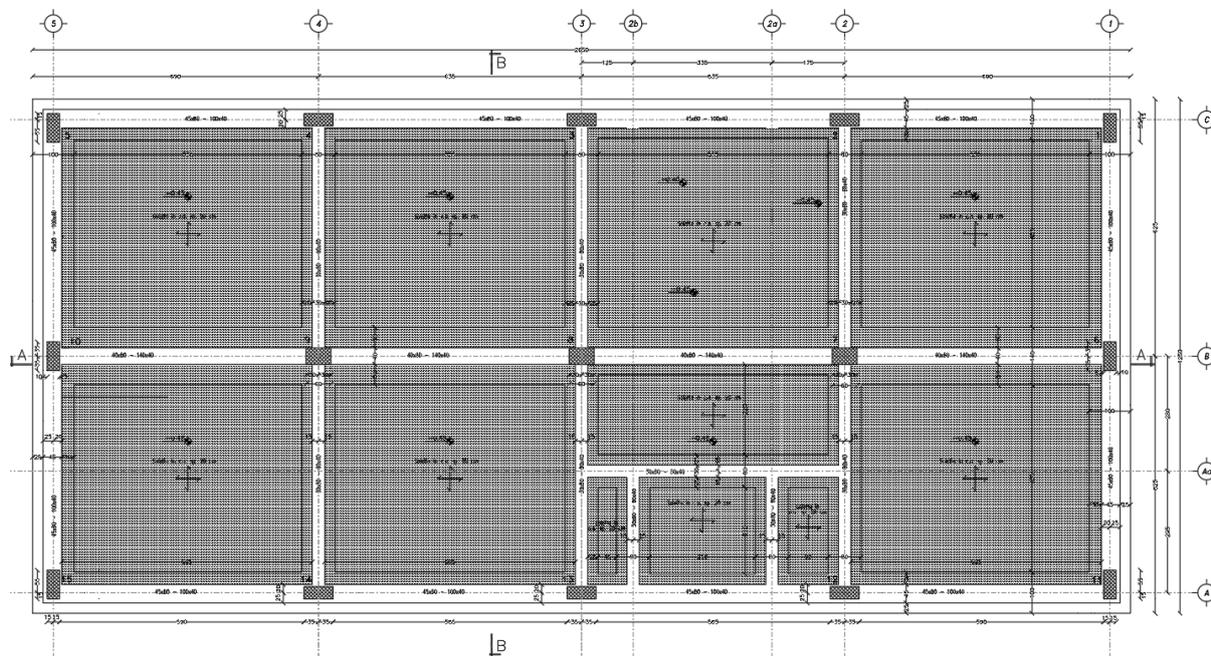


Figura 2 SSE - Pianta fondazioni

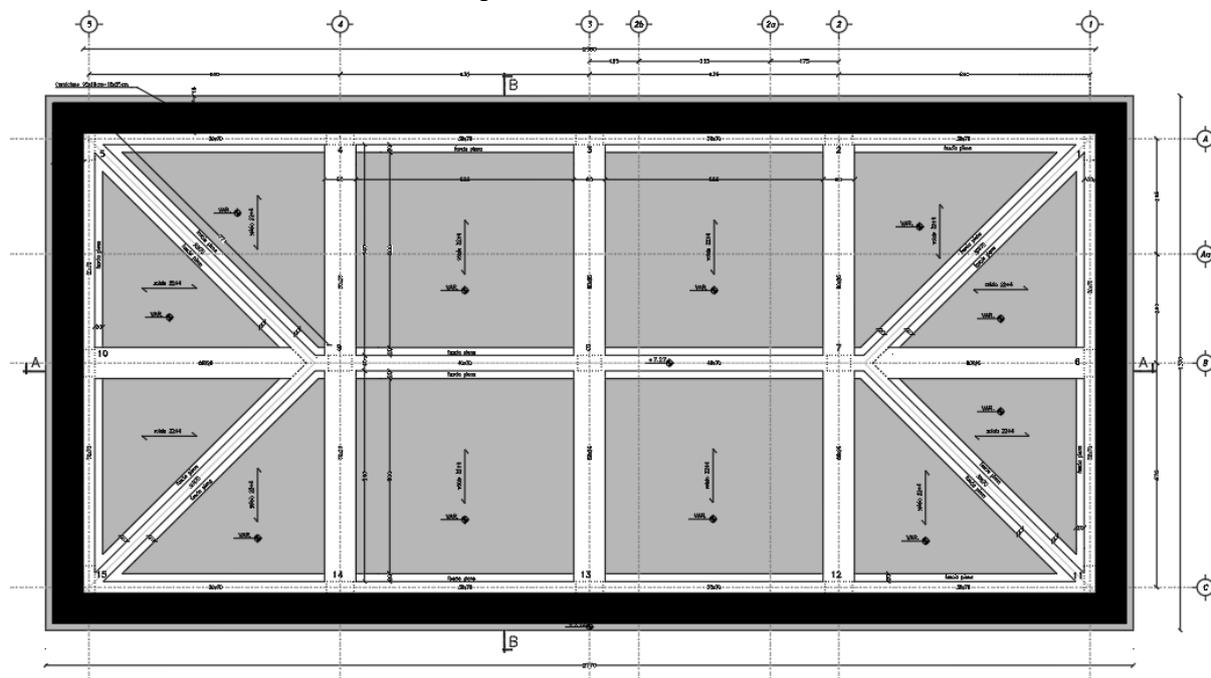


Figura 3 SSE - Pianta copertura

La cabina Terna è una struttura mono piano in c.a. gettato in opera a pianta rettangolare, di dimensioni 12.95x6.05m.

La struttura è costituita da pilastri a sezione quadrata 25cmx25cm con copertura piana realizzata con soletta piena in c.a. di spessore pari a 20cm. Sul perimetro della copertura è presente un cordolo

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 8 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

di spessore ed altezza pari a 20cm. La struttura di fondazione è invece costituita da una platea di spessore pari a 30cm. Inoltre, lungo il perimetro dell'edificio e in corrispondenza delle murature interne sono previste delle nervature in c.a. sporgenti di 50cm dallo spessore della platea di fondazione e la cui funzione è quella di sostenere le murature. Si riportano di seguito alcune figure che illustrano sommariamente la struttura in esame; per il disegno dettagliato si rinvia agli elaborati grafici del progetto strutturale.

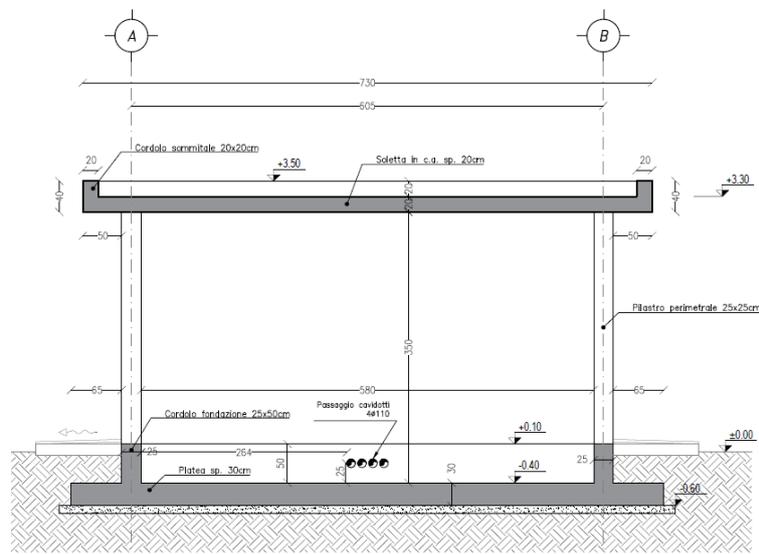


Figura 4 Cabina Terna - Sezione trasversale

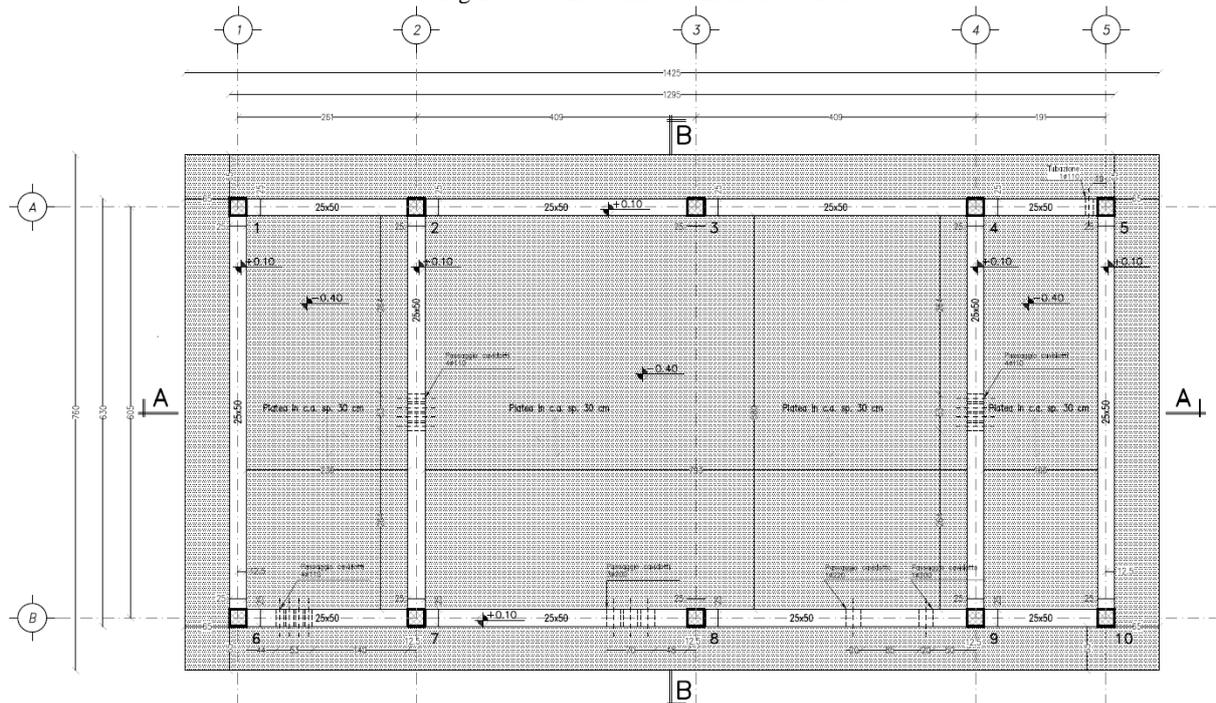


Figura 5 Cabina Terna - Pianta fondazioni

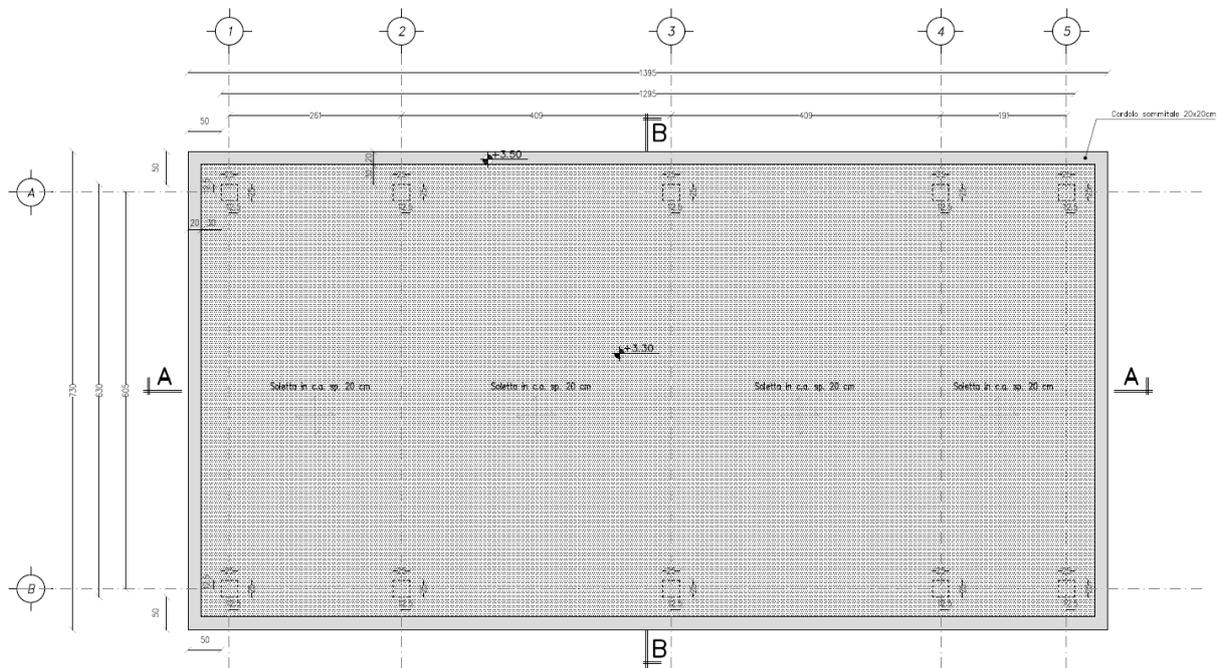


Figura 6 Cabina Terna - Pianta copertura

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 10 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento, le analisi e le verifiche delle strutture sono stati condotti in accordo con le seguenti disposizioni normative:

- Legge n° 1086 del 05/11/1971
“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge n° 64 del 02/2/1974
“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Ordinanza del 20/3/2003 n. 3274 e s.m.i.
“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- D.C.R. Regione Veneto 03/12/2003 n. 67
Allegato 1 – Elenco dei comuni classificati in zona sismica.
- Decreto Ministeriale 14/1/2008
“Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 02/2/2009, n°617
“Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/1/2008”
- UNI – EN 206-1: 2206
Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104: 2004
- Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.
- Testo coordinato dell’allegato I del DM 3 agosto 2015 “Codice di prevenzione incendi” aggiornamento 19 novembre 2020
- Manuale di progettazione RFI – Prescrizioni Tecniche per la progettazione dell’Infrastruttura” 2018

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 11 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B

5 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

Con riferimento alla destinazione d'uso e alle conseguenze di un'eventuale interruzione di operatività o collasso del fabbricato, sono stati definiti i parametri di base della progettazione strutturale, con particolare riguardo all'azione sismica (punto 2.4 NTC08):

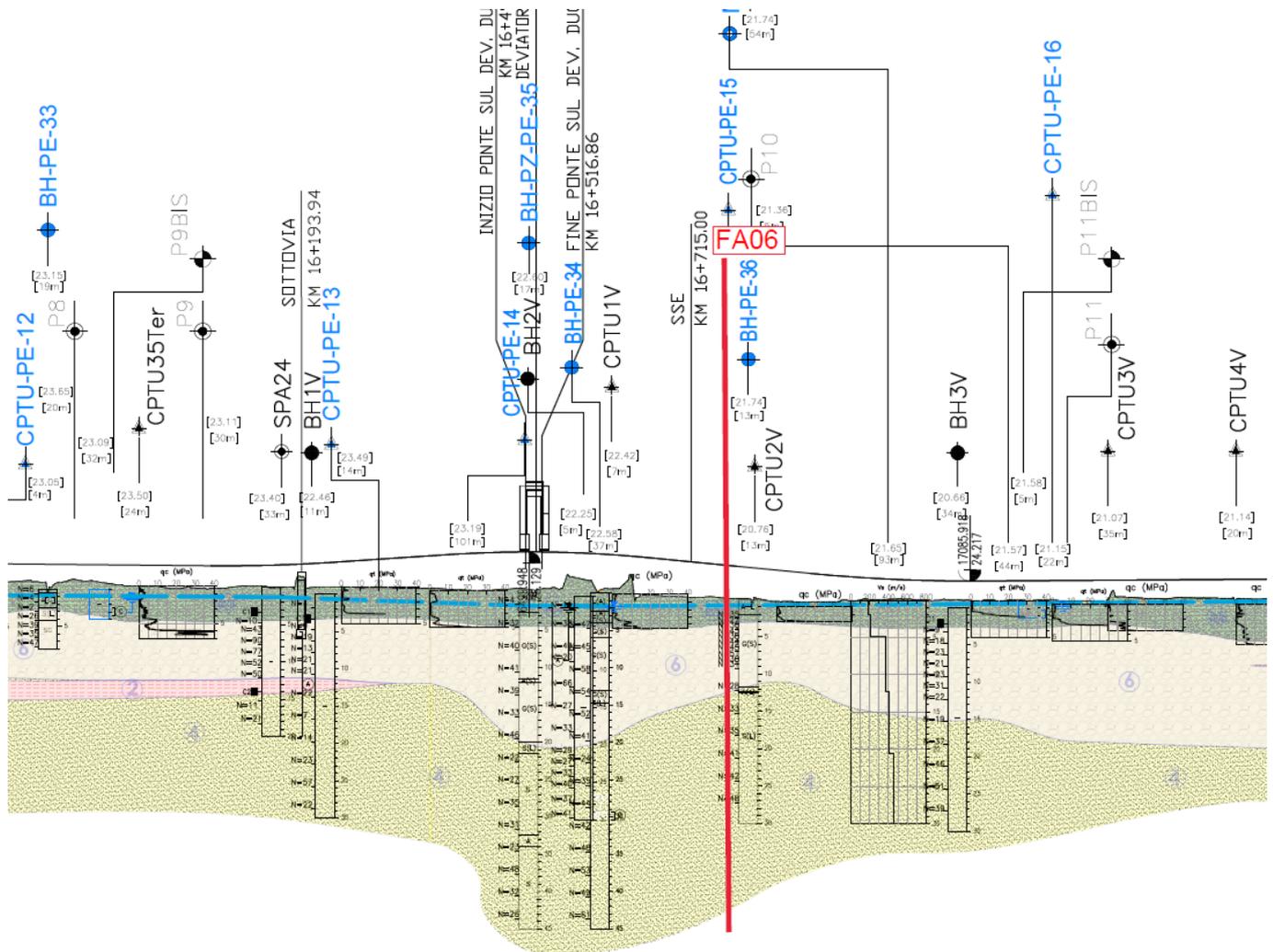
- vita nominale $V_N = 100$ anni;
- classe d'uso III, con coefficiente d'uso $C_U = 1.5$;
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 150$ anni.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 12 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

6 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Per un'approfondita trattazione della natura geologica del sito e delle prove eseguite per la sua caratterizzazione si rimanda alla Relazione Geologica [1].

Come riportato nel sopracitato documento, il tratto in cui ricade l'opera oggetto della presente relazione si sviluppa esclusivamente al di sopra di terreni fluvioglaciali. In particolare, secondo quanto riportato nel profilo geotecnico [3], nell'area in oggetto si evidenzia, nei primi 2-4m, la presenza di depositi eterogenei, costituiti da alternanze di limi argillosi sovraconsolidati, tendenti a diventare più teneri in profondità (Unità 3b), in genere di bassa e media plasticità e limi sabbiosi e sabbie limose sciolte (Unità 3a). più in profondità e fino a 20m da p.c. si individua uno spesso strato di ghiaie con sabbie limose, con contenuto di fini generalmente inferiore al 15% (unità 6). Si riporta di seguito uno stralcio del profilo geotecnico per l'opera in oggetto:



Classi dei terreni

① Riperto

② Limi argillosi e limi da compatte a molto compatte, generalmente sovraconsolidati

③a

Area con prevalenza di sabbie limose/con limo e limi sabbiosi/con sabbia, a comportamento drenato, da sciolti a mediamente addensati

③b

Area con prevalenza di limi argillosi e argille limose, da tenere a mediamente compatte, generalmente NC o debolmente OC

③a/b

Area di alternanze, sia in verticale che planimetriche, di materiali 3a e 3b

④

Sabbie generalmente da debolmente limose a limose, da mediamente addensati a molto addensati

⑥

Ghiaie, ghiaie con sabbie, con presenza locale di ciottoli, anche di grandi dimensioni (fino a 80/100mm)

Figura 7 Profilo geotecnico dell'area di interesse

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 14 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B

7 PARAMETRI GEOTECNICI

Per quanto riguarda i criteri di scelta dei parametri geotecnici del terreno da impiegare per la fondazione superficiale di quest'opera, si osserva che il fabbricato sorge sul rilevato di piazzale alto mediamente 2,75 m sul piano di campagna e che il progetto geotecnico, al quale si rimanda per maggiori dettagli, prevede uno strato di bonifico di 0,50 m al di sotto del piano di campagna e un trattamento del terreno in situ mediante colonne di ghiaia Φ 800 a maglia (200x200) cm. Considerato che il piano d'appoggio è posto a 1,05 m al di sotto del piano finito (0,00) del piazzale, ne consegue che al di sotto del piano di appoggio delle fondazioni è presente uno strato di 2,20 m di materiale. Pertanto il terreno di appoggio è costituito dal rilevato e le tensioni indotte dalla fondazione superficiale si sviluppano quasi interamente all'interno dello strato riportato, bonifico più rilevato, interessando solo marginalmente il terreno in situ preventivamente trattato.

Per le verifiche geotecniche del fabbricato saranno considerate cautelativamente le seguenti caratteristiche:

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ peso di volume;
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata;
- $\varphi' = 35^\circ$ angolo di attrito interno;

$K_w = 10000 \text{ kN/m}^3$ costante elastica di Winkler.

Relativamente alla falda di progetto, la relazione idrogeologica **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** indica quanto segue

- Tratta compresa fra le progressive 10+045 e 19+159: falda di progetto a medio e lungo termine a p.c..

Essendo sopraelevato sul piano di campagna, il piano di fondazione dell'opera risulta non interessato dalla falda.

7.1 COSTANTE DI SOTTOFONDO FABBRICATO SSE

Per il calcolo della costante di sottofondo si è fatto riferimento alle prove di carico su piastra standard di base quadrata o circolare di raggio interno o diametro b pari a 30cm, da cui si ricava il

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 15 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

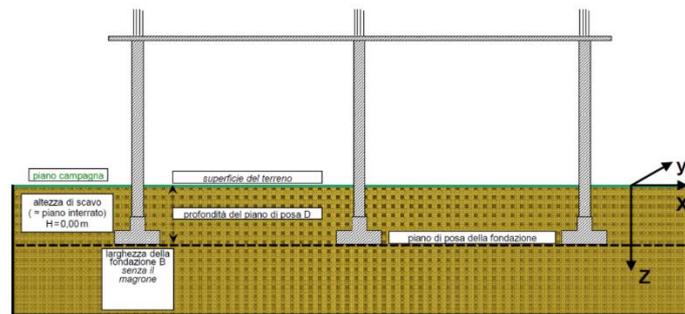
valore del parametro k_1 che viene opportunamente convertito utilizzando formule che tengano conto della dimensione reale della fondazione. Per terreni incoerenti si ha:

$$k_w = k_1 [(B + b) / 2b]^2$$

Assumendo il terreno di fondazione come mediamente addensato non saturo, ipotesi ritenuta cautelativa considerando che le fondazioni poggiano su rilevato, si è ottenuto:

DATI	
Piano campagna	<input type="text" value="0"/> m
Altezza di scavo (= piano interrato) H	<input type="text" value="0"/> m
Profondità del piano di posa D rispetto alla superficie del terreno (lato della fondazione meno interrato)	<input type="text" value="1.05"/> m
Larghezza della fondazione senza il magrone B	<input type="text" value="1"/> m
Densità relativa D_r	Medio <input type="text" value="50"/> %
RISULTATI	
Profondità del piano di posa D	<input type="text" value="1.05"/> m
TERRENO NON SATURO	
Interpolazione del k_1	<input type="text" value="60"/> N/cm ³
Valore di k_w	<input type="text" value="2.54"/> kg/cm ³
TERRENO SATURO	
Valore consigliato k_1	<input type="text" value="30"/> N/cm ³
Valore di k_w	<input type="text" value="1.27"/> kg/cm ³

Schema di riferimento N°1



Il valore utilizzato nelle verifiche, ossia $k_w=1 \text{ kg/cm}^3$, è dunque conservativo e massimizza le sollecitazioni sulle opere di fondazioni.

7.2 COSTANTE DI SOTTOFONDO CABINA TERNA

Per il calcolo della costante di sottofondo si è proceduto nel seguente modo:

1. Individuazione stratigrafia di progetto;

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 16 di 37		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

LITOLOGIA			PROFONDITA'			RESISTENZA MECCANICA				PARENTRI DEFORMABILITA'	
UG	Descrizione litologica	Coesivo/Granulare	da [m]	a [m]	spessore [m]	γ [kN/mc]	c' [kPa]	ϕ [°]	Cu [kPa]	E [kPa]	ν
STRATO 1	Rilevato	granulare	0	2.2	2.2	19	-	35	-	50000	0.25
STRATO 2	Sabbia limosa	granulare	2.2	3.7	1.5	17.5	-	24	-	50000	0.25
STRATO 3	Ghiaia Sabbiosa	granulare	3.7	13	9.7	19	-	39	-	50000	0.25
STRATO 4	Sabbia limosa	granulare	13.4	32	18.3	19	-	37	-	50000	0.25

2. Calcolo del sovraccarico sul terreno in combinazione SLE;

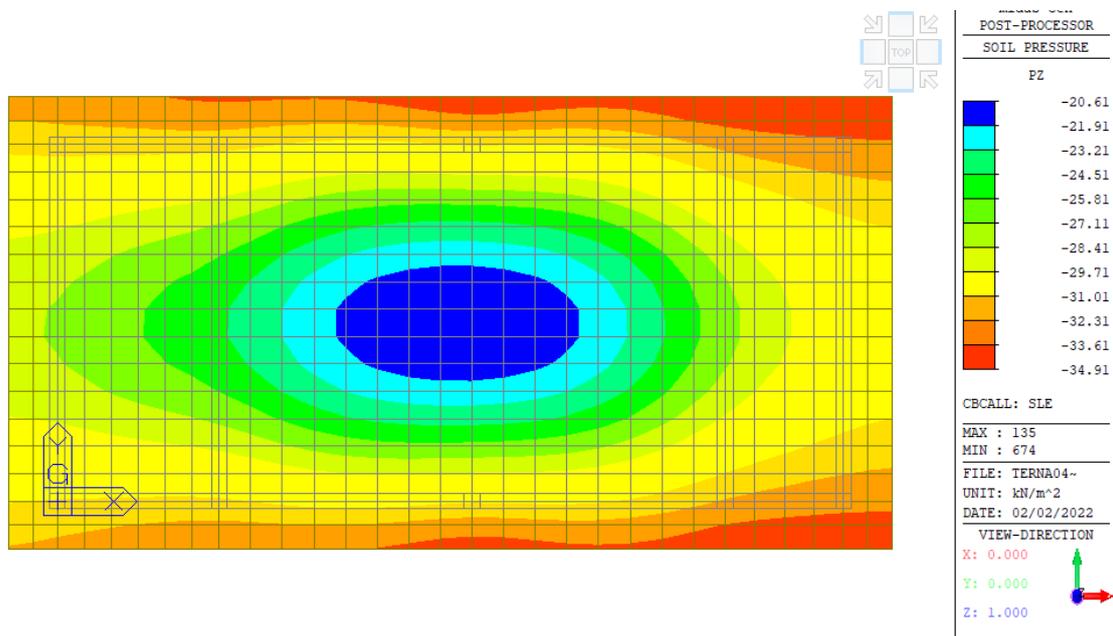


Figura 8 Pressioni terreno SLE

3. Calcolo incrementi di tensione nel terreno (teoria di Boussinesq);

Si riporta calcolo della profondità di sviluppo del cedimento, determinata mediante la teoria di Boussinesq:

Geometria della fondazione

B **3.6** [m]

L **14.2** [m]

Sovraccarico sul terreno

q **35.00** [kN/mq]

prof. Falda

d **0** [m]

Prof. Piano posa

D **0.6** [m]

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 17 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B

z [m]	Δz [m]	γ' [KN/m ³]	$\sigma'(z)$ [kPa]	$\Delta\sigma'(z)$	$\sigma'(z)$ somma	$0,05\sigma'(z)$	Valuto
0	0.6	9	5.4	35.000	40.400	2.020	CEDIMENTO
0.1	0.1	9	6.3	33.816	40.116	2.006	CEDIMENTO
0.2	0.1	9	7.2	32.697	39.897	1.995	CEDIMENTO
0.3	0.1	9	8.1	31.639	39.739	1.987	CEDIMENTO
0.4	0.1	9	9	30.637	39.637	1.982	CEDIMENTO
0.5	0.1	9	9.9	29.686	39.586	1.979	CEDIMENTO
0.6	0.1	9	10.8	28.784	39.584	1.979	CEDIMENTO
0.7	0.1	9	11.7	27.926	39.626	1.981	CEDIMENTO
0.8	0.1	9	12.6	27.109	39.709	1.985	CEDIMENTO
0.9	0.1	9	13.5	26.331	39.831	1.992	CEDIMENTO
1	0.1	9	14.4	25.589	39.989	1.999	CEDIMENTO
1.1	0.1	9	15.3	24.881	40.181	2.009	CEDIMENTO
1.2	0.1	9	16.2	24.205	40.405	2.020	CEDIMENTO
1.3	0.1	9	17.1	23.558	40.658	2.033	CEDIMENTO
1.4	0.1	9	18	22.938	40.938	2.047	CEDIMENTO
1.5	0.1	9	18.9	22.345	41.245	2.062	CEDIMENTO
1.6	0.1	9	19.8	21.777	41.577	2.079	CEDIMENTO
1.7	0.1	9	20.7	21.232	41.932	2.097	CEDIMENTO
1.8	0.1	9	21.6	20.708	42.308	2.115	CEDIMENTO
1.9	0.1	9	22.5	20.206	42.706	2.135	CEDIMENTO
2	0.1	9	23.4	19.722	43.122	2.156	CEDIMENTO
2.1	0.1	9	24.3	19.257	43.557	2.178	CEDIMENTO
2.2	0.1	9	25.2	18.810	44.010	2.200	CEDIMENTO
2.3	0.1	9	26.1	18.379	44.479	2.224	CEDIMENTO
2.4	0.1	9	27	17.964	44.964	2.248	CEDIMENTO
2.5	0.1	9	27.9	17.564	45.464	2.273	CEDIMENTO
2.6	0.1	9	28.8	17.177	45.977	2.299	CEDIMENTO
2.7	0.1	9	29.7	16.805	46.505	2.325	CEDIMENTO
2.8	0.1	9	30.6	16.445	47.045	2.352	CEDIMENTO
2.9	0.1	9	31.5	16.097	47.597	2.380	CEDIMENTO
3	0.1	9	32.4	15.761	48.161	2.408	CEDIMENTO
3.1	0.1	9	33.3	15.436	48.736	2.437	CEDIMENTO
3.2	0.1	9	34.2	15.122	49.322	2.466	CEDIMENTO
3.3	0.1	9	35.1	14.817	49.917	2.496	CEDIMENTO
3.4	0.1	9	36	14.523	50.523	2.526	CEDIMENTO
3.5	0.1	9	36.9	14.237	51.137	2.557	CEDIMENTO
3.6	0.1	9	37.8	13.961	51.761	2.588	CEDIMENTO
3.7	0.1	9	38.7	13.693	52.393	2.620	CEDIMENTO
3.8	0.1	9	39.6	13.432	53.032	2.652	CEDIMENTO
3.9	0.1	9	40.5	13.180	53.680	2.684	CEDIMENTO
4	0.1	9	41.4	12.935	54.335	2.717	CEDIMENTO
4.1	0.1	9	42.3	12.697	54.997	2.750	CEDIMENTO
4.2	0.1	9	43.2	12.467	55.667	2.783	CEDIMENTO
4.3	0.1	9	44.1	12.242	56.342	2.817	CEDIMENTO

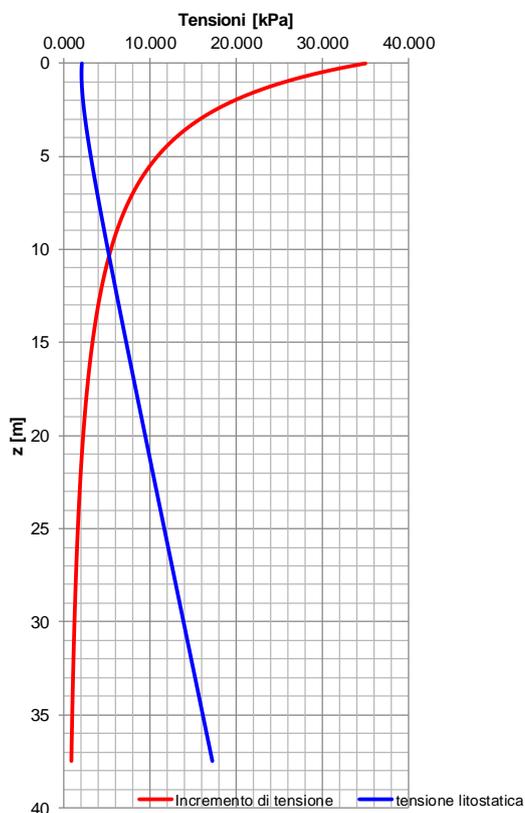
GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
Pag 18 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B	

4.4	0.1	9	45	12.024	57.024	2.851	CEDIMENTO
4.5	0.1	9	45.9	11.812	57.712	2.886	CEDIMENTO
4.6	0.1	9	46.8	11.606	58.406	2.920	CEDIMENTO
4.7	0.1	9	47.7	11.406	59.106	2.955	CEDIMENTO
4.8	0.1	9	48.6	11.211	59.811	2.991	CEDIMENTO
4.9	0.1	9	49.5	11.021	60.521	3.026	CEDIMENTO
5	0.1	9	50.4	10.836	61.236	3.062	CEDIMENTO
5.1	0.1	9	51.3	10.656	61.956	3.098	CEDIMENTO
5.2	0.1	9	52.2	10.480	62.680	3.134	CEDIMENTO
5.3	0.1	9	53.1	10.309	63.409	3.170	CEDIMENTO
5.4	0.1	9	54	10.143	64.143	3.207	CEDIMENTO
5.5	0.1	9	54.9	9.980	64.880	3.244	CEDIMENTO
5.6	0.1	9	55.8	9.822	65.622	3.281	CEDIMENTO
5.7	0.1	9	56.7	9.668	66.368	3.318	CEDIMENTO
5.8	0.1	9	57.6	9.517	67.117	3.356	CEDIMENTO
5.9	0.1	9	58.5	9.370	67.870	3.393	CEDIMENTO
6	0.1	9	59.4	9.226	68.626	3.431	CEDIMENTO
6.1	0.1	9	60.3	9.086	69.386	3.469	CEDIMENTO
6.2	0.1	9	61.2	8.950	70.150	3.507	CEDIMENTO
6.3	0.1	9	62.1	8.816	70.916	3.546	CEDIMENTO
6.4	0.1	9	63	8.685	71.685	3.584	CEDIMENTO
6.5	0.1	9	63.9	8.558	72.458	3.623	CEDIMENTO
6.6	0.1	9	64.8	8.433	73.233	3.662	CEDIMENTO
6.7	0.1	9	65.7	8.311	74.011	3.701	CEDIMENTO
6.8	0.1	9	66.6	8.192	74.792	3.740	CEDIMENTO
6.9	0.1	9	67.5	8.076	75.576	3.779	CEDIMENTO
7	0.1	9	68.4	7.962	76.362	3.818	CEDIMENTO
7.1	0.1	9	69.3	7.850	77.150	3.858	CEDIMENTO
7.2	0.1	9	70.2	7.741	77.941	3.897	CEDIMENTO
7.3	0.1	9	71.1	7.635	78.735	3.937	CEDIMENTO
7.4	0.1	9	72	7.530	79.530	3.977	CEDIMENTO
7.5	0.1	9	72.9	7.428	80.328	4.016	CEDIMENTO
7.6	0.1	9	73.8	7.328	81.128	4.056	CEDIMENTO
7.7	0.1	9	74.7	7.230	81.930	4.096	CEDIMENTO
7.8	0.1	9	75.6	7.134	82.734	4.137	CEDIMENTO
7.9	0.1	9	76.5	7.040	83.540	4.177	CEDIMENTO
8	0.1	9	77.4	6.948	84.348	4.217	CEDIMENTO
8.1	0.1	9	78.3	6.858	85.158	4.258	CEDIMENTO
8.2	0.1	9	79.2	6.769	85.969	4.298	CEDIMENTO
8.3	0.1	9	80.1	6.682	86.782	4.339	CEDIMENTO
8.4	0.1	9	81	6.597	87.597	4.380	CEDIMENTO
8.5	0.1	9	81.9	6.514	88.414	4.421	CEDIMENTO
8.6	0.1	9	82.8	6.432	89.232	4.462	CEDIMENTO
8.7	0.1	9	83.7	6.352	90.052	4.503	CEDIMENTO
8.8	0.1	9	84.6	6.273	90.873	4.544	CEDIMENTO

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
Pag 19 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B	

8.9	0.1	9	85.5	6.196	91.696	4.585	CEDIMENTO
9	0.1	9	86.4	6.121	92.521	4.626	CEDIMENTO
9.1	0.1	9	87.3	6.046	93.346	4.667	CEDIMENTO
9.2	0.1	9	88.2	5.974	94.174	4.709	CEDIMENTO
9.3	0.1	9	89.1	5.902	95.002	4.750	CEDIMENTO
9.4	0.1	9	90	5.832	95.832	4.792	CEDIMENTO
9.5	0.1	9	90.9	5.763	96.663	4.833	CEDIMENTO
9.6	0.1	9	91.8	5.695	97.495	4.875	CEDIMENTO
9.7	0.1	9	92.7	5.629	98.329	4.916	CEDIMENTO
9.8	0.1	9	93.6	5.563	99.163	4.958	CEDIMENTO
9.9	0.1	9	94.5	5.499	99.999	5.000	CEDIMENTO
10	0.1	9	95.4	5.436	100.836	5.042	CEDIMENTO
10.1	0.1	9	96.3	5.374	101.674	5.084	CEDIMENTO
10.2	0.1	9	97.2	5.314	102.514	5.126	CEDIMENTO
10.3	0.1	9	98.1	5.254	103.354	5.168	CEDIMENTO
10.4	0.1	9	99	5.195	104.195	5.210	NON CEDIMENTO
10.5	0.1	9	99.9	5.137	105.037	5.252	NON CEDIMENTO

Si riporta andamento grafico della tabella:

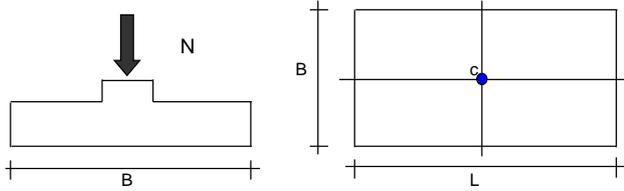


GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 20 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

4. Calcolo del cedimento;

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z)/R_3(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_x = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_1^2)$$

$$\Delta\sigma_y = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z)/R_3R_2^2)$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \Sigma \delta_t = \Sigma (((\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \Delta z) / E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 3.60 (m) (Larghezza della Fondazione)
 L = 14.20 (m) (Lunghezza della Fondazione)
 N = 1789 (kN) (Carico Verticale Agente)
 q = 35.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))
 ns = 4 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z _i	a z _{i+1}	Δz _i	E	ν	δ _{ci}
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m ²)	(-)	(cm)
1	Rilevato	2.20	0.0	2.2	0.3	50000	0.25	0.10
2	Sabbia limosa	3.70	2.2	5.9	0.3	50000	0.25	0.10
3	Ghiaia Sabbiosa	13.40	5.9	19.3	1.0	50000	0.25	0.10
4	Sabbia limosa	31.70	19.3	51.0	1.0	50000	0.25	0.05
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-
-		0.00	0.0	0.0	1.0	0	0.00	-

$$\delta_{ctot} = 0.34 \text{ (cm)}$$

5. Calcolo della costante di sottofondo.

Calcolo molle Winkler	
kv [kN/m³]	10174.2
kv [kg/cm³]	1.0

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 21 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B

8 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO PER LA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La zonazione del tracciato di progetto rispetto alla risposta sismica locale dei terreni presenti è stata svolta in accordo alle prescrizioni delle NTC08, identificando la Categoria di Sottosuolo di appartenenza del sito sulla base dei dati delle indagini condotte. In particolare, l'associazione tra stratigrafia rilevata ai punti di interesse e relativa categoria di sottosuolo è stata condotta in funzione dei valori medi calcolati sui primi 30m di profondità della velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_{S,30}$) definita dall'espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata attraverso correlazioni.

Si rimanda alla Relazione Geotecnica [3] per la descrizione completa delle diverse prove in sito condotte nel corso delle varie campagne, per ogni punto di interesse identificato lungo il tracciato.

Nella Relazione Sismica [5] il terreno su cui sorgerà il FA06 è classificato in categoria C.

Si riporta nell'immagine seguente uno stralcio della Planimetria con Classificazione Sismica del Territorio [5], in cui è individuata la localizzazione del fabbricato in oggetto.

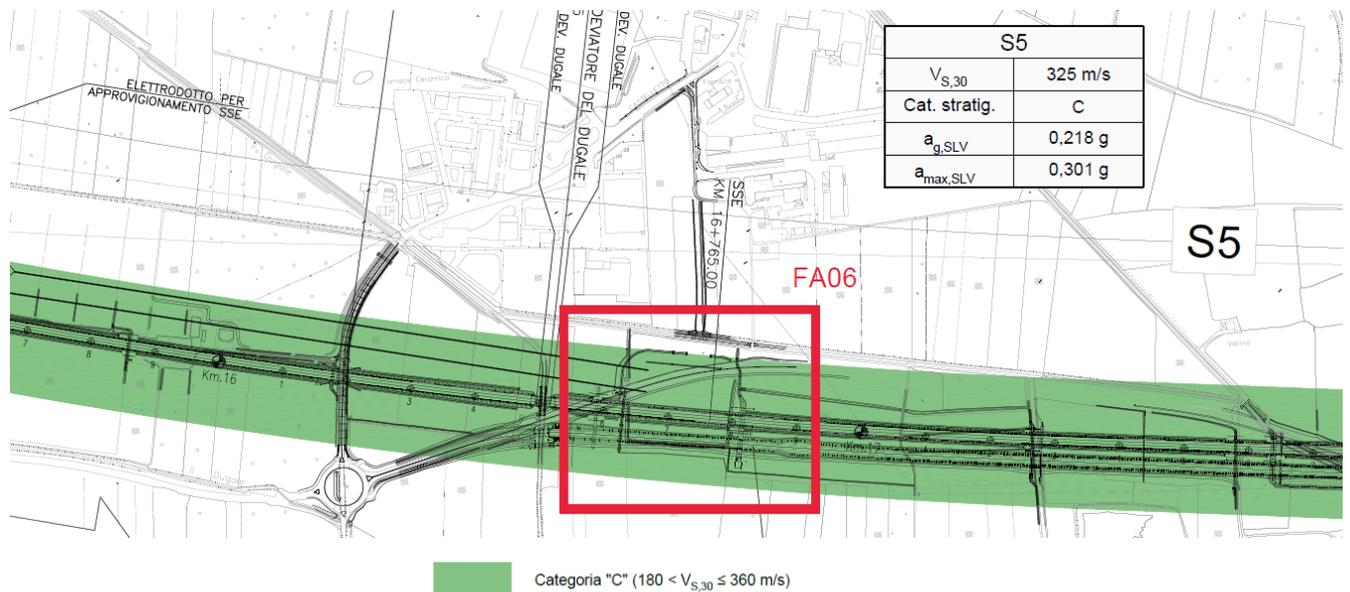


Figura 9 Categoria di sottosuolo del sito in esame

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 22 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

L'effetto della risposta sismica locale sulla pericolosità di base può essere determinato secondo le NTC08 attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (S_S) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

Il coefficiente S_S si ottiene dalla seguente espressione per un sottosuolo di categoria C (Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC08):

$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, il sito di interesse si trova su superficie sostanzialmente pianeggiante. Pertanto, esso ricade in categoria T_1 , ossia Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.IV al par.3.2.2. delle NTC08. Di conseguenza il fattore di amplificazione topografica ha valore unitario, $S_T = 1$.

L'azione sismica prima individuata viene corretta per tener conto delle effettive condizioni locali, stratigrafiche (categoria di sottosuolo "C") e topografiche (superficie pianeggiante), attraverso i coefficienti correttivi che amplificano l'accelerazione riferita al suolo rigido determinando l'accelerazione di progetto: $a_{max} = S a_g (T=0)$. I valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto a_{max} per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono stati calcolati e riportati di seguito:

STATO LIMITE	S_S	S_T	$S=S_S*S_T$	a_g (g)	$a_{max}=a_g*S$ (g)
SLO	1.500	1	1.500	0.068	0.101
SLD	1.500	1	1.500	0.086	0.129
SLV	1.389	1	1.389	0.213	0.296
SLC	1.326	1	1.326	0.262	0.347

Tabella 3: Coefficienti correttivi locali e accelerazioni massime

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 23 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

9 LIQUEFAZIONE

La stabilità nei confronti di fenomeni di liquefazione è stata ampiamente trattata nella Relazione Sismica [5] e nella Relazione Geotecnica [3][3], a cui si rimanda per ogni dettaglio in merito. In particolare, la verifica alla liquefazione dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto è stata condotta sul database complessivo delle prove CPT e SPT effettuate, considerando la variazione di pericolosità sismica in funzione della progressiva dell'opera. Per il sito di interesse, al termine della verifica di liquefazione emerge quanto segue:

“Sulla base dei risultati ottenuti si conferma quanto già osservato in sede di Progetto Definitivo. Per alcune verticali, la verifica di liquefazione nei confronti del sisma SLV, ha evidenziato la presenza di strati caratterizzati da $FL < 1.25$, con generazione di pressioni interstiziali tali da condurre a valori del rapporto di pressione interstiziale ru prossimi a 1. L'effetto di tale risposta del terreno dovrà essere valutato dal singolo progettista, all'interno della progettazione della singola WBS, in relazione alla sensibilità dell'opera, sia riguardo alla sicurezza che alla funzionalità, dimensionando, se ritiene, gli opportuni provvedimenti”[5].

Le verifiche condotte nei confronti del fenomeno della liquefazione nel tratto di interesse hanno restituito coefficienti di sicurezza non adeguati. Data la circostanza, nel progetto geotecnico è previsto un intervento di mitigazione del rischio di liquefazione, che consiste in uno strato di bonifico di 0,50 m al di sotto del piano di campagna e un trattamento del terreno in situ mediante colonne di ghiaia Φ 800 a maglia 200x200cm.

Per maggiori dettagli e per le verifiche dell'intervento suddetto si rimanda agli specifici elaborati progettuali:

- IN1712EI2CLFA0603001 - Relazione di calcolo trattamenti colonnari;
- IN1712EI2P9FA0603001 – Trattamento colonnare – Planimetria di tracciamento e numerazione colonne di ghiaia;
- IN1712EI2BZFA0603001 – Trattamento colonnare – Fasi realizzative e sezioni tipo

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 24 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

10 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Il metodo di calcolo utilizzato per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali è il Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite, per cui le combinazioni di carico utilizzate per la determinazione dei Parametri delle Sollecitazioni e le deformazioni sono le seguenti:

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Statiche):

$$\gamma_{G1}G_{K1} + \gamma_{G2}G_{K2} + \gamma_Q \left[Q_{1K} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} Q_{ki}) \right]$$

dove:

G_1 Peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti al loro valore caratteristico

G_2 Peso propri degli elementi non strutturali al loro valore caratteristico

Q_k Azioni Variabili al loro valore caratteristico

γ_{G1} Coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti

γ_{G2} Coefficiente parziale del peso propri degli elementi non strutturali

γ_Q Coefficiente parziale delle azioni variabili

ψ_{0i} Coefficiente di combinazione

		γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali G_2	Favorevoli	γ_{G2}	0.8	0.8	0.8
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
EQU		stato limite di equilibrio come corpo rigido			
STR		stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione			
GEO		stato limite di resistenza del terreno			

Tabella 1 Coefficienti parziali impiegati

Gli stati limite STR e GEO prevedono il raggiungimento della resistenza delle strutture o del terreno, rispettivamente. Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, per le opere di fondazione e di sostegno delle terre, viene utilizzato l'Approccio 2 con la combinazione

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 25 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

(A1+M1+R3), secondo quanto riportato nel cap.6 delle NTC 08, dove la combinazione (A1+M1+R3) è dimensionante sia per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale, STR, e sia per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico, GEO.

PARAMETRI TERRENO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE g_M	CASO	
			M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40
Peso di volume	γ	γ	1.00	1.00

Tabella 2 Coefficienti parziali impiegati per i parametri del terreno

A1 e A2 sono i coefficienti parziali da applicare alle azioni;

M1 e M2 sono i coefficienti parziali da applicare ai parametri del terreno.

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Dinamiche):

$$E + G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

dove:

E Azione Sismica per lo stato limite in esame

G_1 Peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti al loro valore caratteristico

G_2 Peso propri degli elementi non strutturali al loro valore caratteristico

Q_k Azioni Variabili al loro valore caratteristico

ψ_{2i} Coefficiente di combinazione

L'azione sismica viene determinata prendendo in considerazione le masse strutturali determinate secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

La risposta a ciascuna componente, in accordo con il punto 7.3.5 delle NTC08, è combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando la seguente espressione:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 26 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

- Stati Limite Ultimi (Combinazione Eccezionali: incendi, esplosioni, urti):

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- Stati Limite Esercizio (Combinazione Statiche):

- Combinazione Rara

$$G_1 + G_2 + Q_{K1} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ki})$$

- Combinazione Frequente

$$G_1 + G_2 + \psi_{1K} Q_{K1} + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

- Combinazione Quasi Permanente

$$G_1 + G_2 + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ki})$$

Valori dei coefficienti di combinazione			
Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1.0	0.9	0.8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0.7	0.5	0.3
Categorie H Coperture	0.0	0.0	0.0
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota ≤ 1000 s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota > 1000 s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

Tabella 3 Coefficienti di combinazione dei carichi variabili

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 27 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B

Le suddette combinazioni serviranno per verificare le tensioni di esercizio dei materiali, la deformabilità della struttura nonché la fessurazione nel caso di elementi in c.a. In particolar modo, le condizioni di cui tener conto nel caso di elementi in c.a. sono le seguenti:

Tabella 4.1.IV – *Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione*

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 4 Parametri per lo stato limite di fessurazione

Dove si definiscono, in base a quanto riportato al paragrafo 4.1.2.2.4.1, le seguenti grandezze:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 28 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBFA0600001	B

11 ANALISI FEM

11.1 STRUMENTI SOFTWARE

Per la modellazione della sovrastruttura e delle opere di fondazione è stato impiegato il software FEM Midas GEN, di Midas Information Technologies:

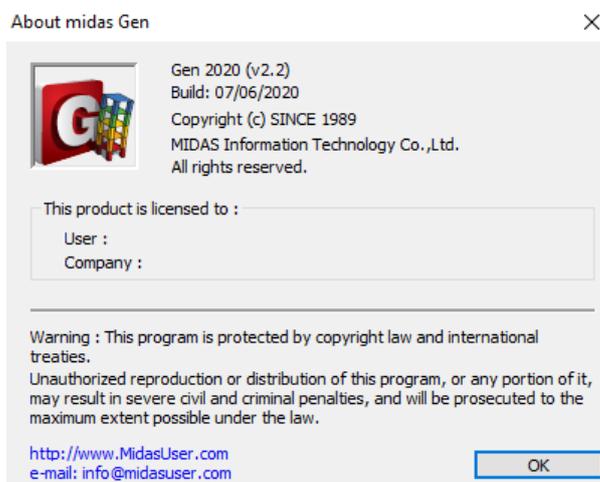


Figura 10 Versione di Midas Gen impiegata nella modellazione FEM del fabbricato in oggetto.

11.1.1 AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

Per quanto riguarda nel dettaglio le basi teoriche sulle quali sono implementati gli algoritmi di calcolo del software si rimanda alla documentazione allegata al software fornita dal produttore, nel caso specifico al documento “Analysis Manual”.

11.1.2 VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

Il codice di calcolo sopra descritto è soggetto a periodica validazione interna.

11.1.3 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Come previsto nel paragrafo 10.2.1 delle NTC 2008, la scrivente ha sottoposto i risultati delle elaborazioni numeriche derivanti da codici FEM a controlli che ne comprovano l’affidabilità.

I controlli effettuati, non riportati per brevità, sono stati i seguenti (elenco indicativo non esaustivo):

- 1) Controllo delle reazioni vincolari totali per porzioni di impalcato facilmente estrapolabili;
- 2) Controllo degli sforzi normali dovuti ai pesi agenti su aste verticali, per aree di influenza;

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 29 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

- 3) Controllo del diagramma di sollecitazione per la componente flettente per aste semplici quali quelle doppiamente incernierate;
- 4) Controllo delle deformazioni verticali per aste semplici quali quelle doppiamente incernierate.

I suddetti controlli sono stati effettuati a mano o mediante l'ausilio di fogli di calcolo Excel ed hanno portato a confermare l'attendibilità dei risultati forniti dal software di calcolo utilizzato.

11.2 MODELLAZIONE DELL'EDIFICIO

Per la progettazione delle strutture in oggetto è stata eseguita un'analisi dinamica lineare, realizzando un modello FEM tridimensionale per ciascuna struttura, per rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidità e resistenza. Gli elementi considerati "secondari" e gli elementi non strutturali autoportanti (tamponature e tramezzi) sono stati rappresentati in termini di massa.

La rigidità degli elementi strutturali è stata rappresentata con modelli lineari. Le azioni conseguenti al moto sismico sono modellate direttamente mediante spettri di risposta.

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa si è attribuita una eccentricità accidentale (0.05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica) rispetto alla sua posizione che deriva dal calcolo.

È stata eseguita un'analisi dinamica lineare con riferimento agli spettri di progetto ottenuti assumendo un fattore di struttura q , come descritto al paragrafo 9.2.3 della Relazione di Calcolo Strutturale.

L'analisi modale è stata impiegata per la determinazione dei modi di vibrare dell'edificio; gli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, sono stati calcolati per ciascuno dei modi di vibrare individuati (spectral response), e combinati utilizzando la combinazione quadratica completa CQC.

Per l'analisi elastica globale i materiali costituenti la struttura sono considerati elastici, omogenei ed isotropi e con comportamento lineare. La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali.

Nella SSE le travi di fondazione sono state incluse, modellandole su un letto di molle alla Winkler, attribuendo un opportuno valore alla costante elastica delle molle che rappresentano il terreno

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Pag 30 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

($k=10000\text{kN/m}^3$). Nella cabina terna la platea è stata modellata con elementi plate su un letto di molle alla Winkler, attribuendo un opportuno valore alla costante elastica delle molle che rappresentano il terreno ($k=10000\text{kN/m}^3$).

Si riporta di seguito un'immagine dei modelli FEM delle strutture.

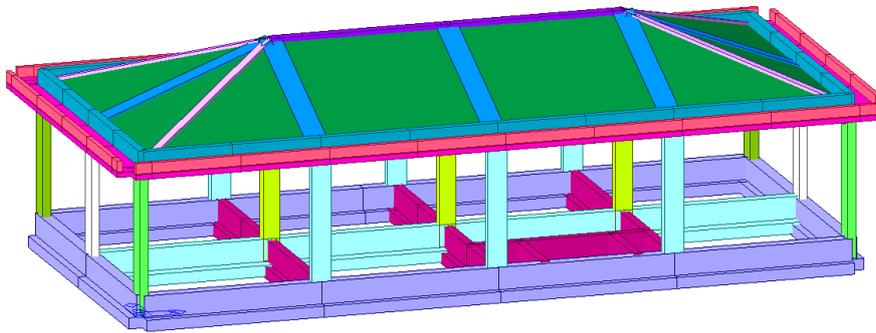


Figura 11 Modello FEM Midas Gen SSE

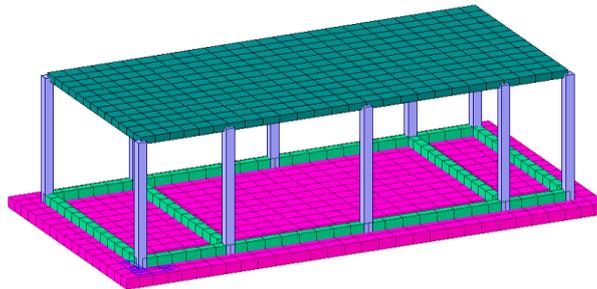


Figura 12 Modello FEM Midas Gen Cabina Terna

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 31 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12RBF0600001	B

12 VERIFICHE DI SICUREZZA STRUTTURA DI FONDAZIONE

12.1 VERIFICHE GEOTECNICHE SSE

Le verifiche geotecniche consistono sostanzialmente nella verifica di capacità portante che viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante).

A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulle travi di fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

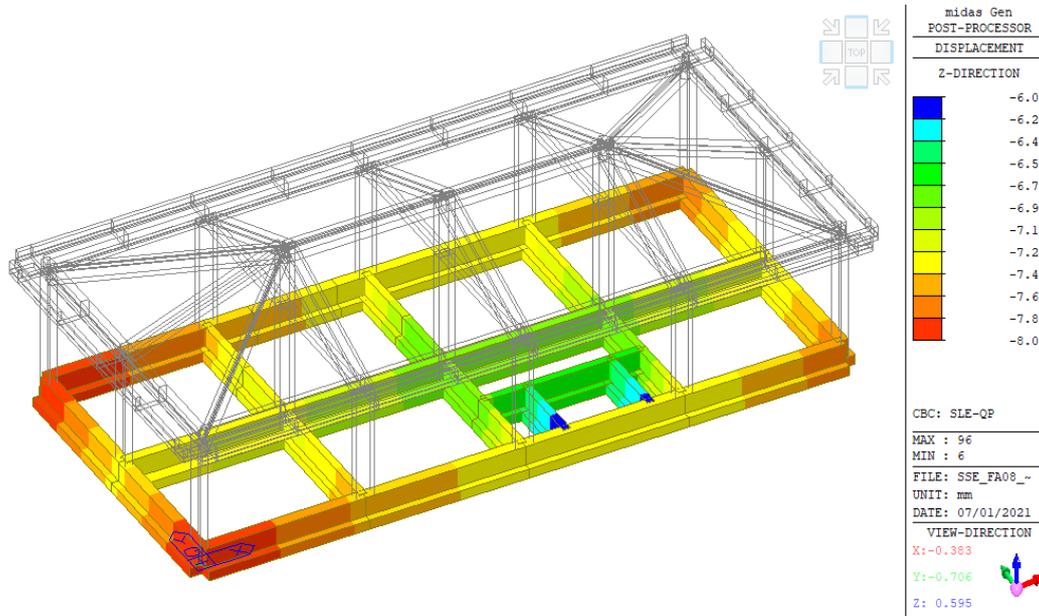


Figura 13 Spostamenti verticali sulle travi di fondazione in combinazione quasi permanente

Dal contour plot risulta una distribuzione sostanzialmente omogenea degli abbassamenti e quindi della reazione del terreno, come atteso data la notevole rigidezza delle travi rovesce.

La pressione limite q_{lim} è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c'N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo 7, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 32 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * tg \varphi')}$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Ny = 2 * (Nq + 1) * \tan \varphi'$$

sc, sq, sy : fattori di forma

$$sc = 1 + B * Nq / (L * Nc)$$

$$sq = 1 + B * \tan \varphi' / L *$$

$$sy = 1 - 0,4 * B * / L *$$

ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico

$$iq = (1 - H / (N + B * L * c' \cot \varphi'))^m$$

$$ic = iq - (1 - iq) / (Nq - 1)$$

$$iy = (1 - H / (N + B * L * c' \cot \varphi'))^{(m+1)}$$

$$mb = (2 + B * / L *) / (1 + B * / L *)$$

$$mi = (2 + L * / B *) / (1 + L * / B *)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

dc, dq, dy : fattori di profondità del piano di posa

$$dc = dq - (1 - dq) / (Nc \tan \varphi')$$

$$D/B * \leq 1 \text{ ----> } dq = 1 + 2D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B *$$

$$dy$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00^\circ \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

bc, bq, by : fattori di inclinazione base della fondazione

$$bq = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2$$

$$bc = bq - (1 - bq) / (Nc \tan \varphi')$$

$$by = bq$$

gc, gq, gy : fattori di inclinazione piano di campagna

$$gq = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$gc = gq - (1 - gq) / (Nc \tan \varphi')$$

$$gy = gq$$

La verifica è stata eseguita estraendo i risultati all'involuppo per le combinazioni statiche SLU e sismiche SLV per tutti gli elementi delle travi di fondazione, come riportato nelle tabelle seguenti. Il valore della capacità portante q_{lim} di seguito riportato è stato calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brich-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08. Inoltre, la pressione agente q è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente γ_{Rd} pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08.

È possibile osservare che i rapporti tra azione resistenti ed agenti sono largamente maggiori dell'unità e le verifiche sono abbondantemente soddisfatte in tutti i casi analizzati.



							Verifica in tensioni efficaci							
			Larghezza	N	Tb	Tl	Ml	Mb	q _{lim}	q	Fs=q _{lim} /q	Sd	Hd	Fs=Sd/Hd
Element	Load comb.	Part	B	(kN)	(kN)	(kN)	(kN*m)	(kN*m)						
1	SLU-SLV(all) [1]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	520.77	204.76	2.54	130.34	1.41	92.16
1	SLU-SLV(all) 1/4	1	186.14	1.00	1.00	0.70	0.00	0.00	520.59	200.88	2.59	127.87	1.41	90.42
1	SLU-SLV(all) 2/4	1	182.62	1.00	1.00	0.24	0.00	0.00	520.53	199.77	2.61	127.16	1.41	89.92
1	SLU-SLV(all) 3/4	1	181.61	1.00	1.00	0.03	0.00	0.00	520.53	199.67	2.61	127.10	1.41	89.87
1	SLU-SLV(all) J[7]	1	181.52	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00						
2	SLU-SLV(all) [7]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
2	SLU-SLV(all) 1/4	1	179.88	1.00	1.00	0.07	0.00	0.00	520.44	197.87	2.63	125.96	1.41	89.06
2	SLU-SLV(all) 2/4	1	179.06	1.00	1.00	0.15	0.00	0.00	520.40	196.96	2.64	125.38	1.41	88.65
2	SLU-SLV(all) 3/4	1	177.81	1.00	1.00	0.18	0.00	0.00	520.33	195.60	2.66	124.51	1.41	88.04
2	SLU-SLV(all) J[9]	1	176.51	1.00	1.00	0.17	0.00	0.00	520.25	194.16	2.68	123.59	1.41	87.39
3	SLU-SLV(all) [9]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
3	SLU-SLV(all) 1/4	1	175.35	1.00	1.00	0.14	0.00	0.00	520.19	192.88	2.70	122.78	1.41	86.82
3	SLU-SLV(all) 2/4	1	174.41	1.00	1.00	0.11	0.00	0.00	520.13	191.85	2.71	122.12	1.41	86.35
3	SLU-SLV(all) 3/4	1	173.65	1.00	1.00	0.09	0.00	0.00	520.09	191.01	2.72	121.59	1.41	85.98
3	SLU-SLV(all) J[11]	1	173.08	1.00	1.00	0.06	0.00	0.00	520.06	190.38	2.73	121.19	1.41	85.69
4	SLU-SLV(all) [11]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
4	SLU-SLV(all) 1/4	1	174.12	1.00	1.00	0.02	0.00	0.00	520.12	191.54	2.72	121.92	1.41	86.21
4	SLU-SLV(all) 2/4	1	174.47	1.00	1.00	0.11	0.00	0.00	520.14	191.91	2.71	122.16	1.41	86.38
4	SLU-SLV(all) 3/4	1	176.44	1.00	1.00	0.41	0.00	0.00	520.25	194.08	2.68	123.54	1.41	87.36
4	SLU-SLV(all) J[2]	1	181.02	1.00	1.00	0.81	0.00	0.00	520.50	199.12	2.61	126.75	1.41	89.63
5	SLU-SLV(all) [2]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
5	SLU-SLV(all) 1/4	1	162.88	1.00	1.00	0.59	0.00	0.00	519.42	179.17	2.90	114.05	1.41	80.65
5	SLU-SLV(all) 2/4	1	158.41	1.00	1.00	0.48	0.00	0.00	519.12	174.25	2.98	110.92	1.41	78.43
5	SLU-SLV(all) 3/4	1	155.31	1.00	1.00	0.27	0.00	0.00	518.89	170.84	3.04	108.75	1.41	76.90
5	SLU-SLV(all) J[5]	1	153.86	1.00	1.00	0.08	0.00	0.00	518.79	169.25	3.07	107.73	1.41	76.18
6	SLU-SLV(all) [5]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
6	SLU-SLV(all) 1/4	1	154.43	1.00	1.00	0.22	0.00	0.00	518.83	169.87	3.05	108.13	1.41	76.46
6	SLU-SLV(all) 2/4	1	156.96	1.00	1.00	0.39	0.00	0.00	519.01	172.66	3.01	109.91	1.41	77.72
6	SLU-SLV(all) 3/4	1	161.13	1.00	1.00	0.61	0.00	0.00	519.30	177.24	2.93	112.82	1.41	79.78
6	SLU-SLV(all) J[3]	1	166.89	1.00	1.00	0.78	0.00	0.00	519.68	183.58	2.83	116.86	1.41	82.63
7	SLU-SLV(all) [4]	1.4	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
7	SLU-SLV(all) 1/4	1.4	242.46	1.00	1.00	0.61	0.00	0.00	670.33	190.51	3.52	169.77	1.41	120.05
7	SLU-SLV(all) 2/4	1.4	239.78	1.00	1.00	0.11	0.00	0.00	670.23	188.40	3.56	167.89	1.41	118.72
7	SLU-SLV(all) 3/4	1.4	239.96	1.00	1.00	0.16	0.00	0.00	670.23	188.54	3.55	168.02	1.41	118.81
7	SLU-SLV(all) J[23]	1.4	240.96	1.00	1.00	0.11	0.00	0.00	670.27	189.32	3.54	168.72	1.41	119.30
8	SLU-SLV(all) [23]	1.4	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
8	SLU-SLV(all) 1/4	1.4	238.96	1.00	1.00	0.14	0.00	0.00	670.19	187.76	3.57	167.32	1.41	118.32
8	SLU-SLV(all) 2/4	1.4	237.21	1.00	1.00	0.33	0.00	0.00	670.12	186.38	3.60	166.10	1.41	117.45
8	SLU-SLV(all) 3/4	1.4	234.55	1.00	1.00	0.38	0.00	0.00	670.01	184.29	3.64	164.23	1.41	116.13
8	SLU-SLV(all) J[27]	1.4	231.99	1.00	1.00	0.30	0.00	0.00	669.90	182.28	3.68	162.44	1.41	114.86
9	SLU-SLV(all) [27]	1.4	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
9	SLU-SLV(all) 1/4	1.4	230.38	1.00	1.00	0.13	0.00	0.00	669.84	181.01	3.70	161.31	1.41	114.06
9	SLU-SLV(all) 2/4	1.4	229.84	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	669.81	180.59	3.71	160.94	1.41	113.80
9	SLU-SLV(all) 3/4	1.4	229.94	1.00	1.00	0.04	0.00	0.00	669.82	180.66	3.71	161.00	1.41	113.85
9	SLU-SLV(all) J[31]	1.4	230.08	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	669.82	180.78	3.70	161.10	1.41	113.92
10	SLU-SLV(all) [31]	1.4	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
10	SLU-SLV(all) 1/4	1.4	231.62	1.00	1.00	0.08	0.00	0.00	669.89	181.99	3.68	162.18	1.41	114.68
10	SLU-SLV(all) 2/4	1.4	231.28	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	669.87	181.72	3.69	161.94	1.41	114.51
10	SLU-SLV(all) 3/4	1.4	232.25	1.00	1.00	0.27	0.00	0.00	669.92	182.48	3.67	162.62	1.41	114.99
10	SLU-SLV(all) J[5]	1.4	236.25	1.00	1.00	0.80	0.00	0.00	670.08	185.63	3.61	165.43	1.41	116.97
11	SLU-SLV(all) [4]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
11	SLU-SLV(all) 1/4	1	157.41	1.00	1.00	0.08	0.00	0.00	519.04	173.15	3.00	110.22	1.41	77.94
11	SLU-SLV(all) 2/4	1	158.95	1.00	1.00	0.29	0.00	0.00	519.15	174.85	2.97	111.30	1.41	78.70
11	SLU-SLV(all) 3/4	1	162.25	1.00	1.00	0.50	0.00	0.00	519.38	178.48	2.91	113.61	1.41	80.33
11	SLU-SLV(all) J[1]	1	166.98	1.00	1.00	0.63	0.00	0.00	519.68	183.68	2.83	116.92	1.41	82.68
12	SLU-SLV(all) [6]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
12	SLU-SLV(all) 1/4	1	171.13	1.00	1.00	0.81	0.00	0.00	519.94	188.25	2.76	119.83	1.41	84.73
12	SLU-SLV(all) 2/4	1	165.10	1.00	1.00	0.63	0.00	0.00	519.57	181.61	2.86	115.61	1.41	81.75
12	SLU-SLV(all) 3/4	1	160.75	1.00	1.00	0.41	0.00	0.00	519.28	176.82	2.94	112.56	1.41	79.59
12	SLU-SLV(all) J[4]	1	158.04	1.00	1.00	0.23	0.00	0.00	519.09	173.85	2.99	110.66	1.41	78.25
13	SLU-SLV(all) [8]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
13	SLU-SLV(all) 1/4	1	184.73	1.00	1.00	0.04	0.00	0.00	520.70	203.20	2.56	129.35	1.41	91.46
13	SLU-SLV(all) 2/4	1	185.25	1.00	1.00	0.10	0.00	0.00	520.72	203.77	2.56	129.71	1.41	91.72
13	SLU-SLV(all) 3/4	1	186.77	1.00	1.00	0.30	0.00	0.00	520.80	205.44	2.54	130.77	1.41	92.47
13	SLU-SLV(all) J[6]	1	191.08	1.00	1.00	0.85	0.00	0.00	521.01	210.19	2.48	133.80	1.41	94.61
14	SLU-SLV(all) [18]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
14	SLU-SLV(all) 1/4	1	50.11	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	495.48	55.12	8.99	35.08	1.41	24.81
14	SLU-SLV(all) 2/4	1	50.29	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	495.60	55.31	8.96	35.21	1.41	24.90
14	SLU-SLV(all) 3/4	1	50.46	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	495.72	55.51	8.93	35.33	1.41	24.98
14	SLU-SLV(all) J[8]	1	50.58	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	495.80	55.64	8.91	35.42	1.41	25.04
15	SLU-SLV(all) [16]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
15	SLU-SLV(all) 1/4	1	94.45	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	511.64	103.89	4.92	66.13	1.41	46.76
15	SLU-SLV(all) 2/4	1	94.59	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	511.67	104.05	4.92	66.23	1.41	46.83
15	SLU-SLV(all) 3/4	1	94.86	1.00	1.00	0.02	0.00	0.00	511.72	104.34	4.90	66.42	1.41	46.97
15	SLU-SLV(all) J[18]	1	95.25	1.00	1.00	0.03	0.00	0.00	511.79	104.78	4.88	66.70	1.41	47.16
16	SLU-SLV(all) [10]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
16	SLU-SLV(all) 1/4	1	35.12	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	481.07	38.63	12.45	24.59	1.41	17.39
16	SLU-SLV(all) 2/4	1	35.12	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	481.08	38.63	12.45	24.59	1.41	17.39
16	SLU-SLV(all) 3/4	1	35.10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	481.05	38.61	12.46	24.58	1.41	17.38
16	SLU-SLV(all) J[16]	1	35.09	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	481.03	38.60	12.46	24.57	1.41	17.37
17	SLU-SLV(all) [12]	1	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00						
17	SLU-SLV(all) 1/4	1	177.53	1.00	1.00	0.03	0.00	0.00	520.31</					

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Pag 34 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBF0600001	B
-----------------	------------------	-------------	---------------------------	---

20 SLU-SLV(all) [23]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
20 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	60.28	1.00	1.00	0.00	0.00	464.52	82.88	5.60	42.21	1.41	29.84	
20 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	60.33	1.00	1.00	0.00	0.00	464.54	82.96	5.60	42.25	1.41	29.87	
20 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	60.42	1.00	1.00	0.01	0.00	464.58	83.08	5.59	42.31	1.41	29.92	
20 SLU-SLV(all) J[13]	0.8	60.64	1.00	1.00	0.02	0.00	464.67	83.39	5.57	42.46	1.41	30.03	
21 SLU-SLV(all) [13]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
21 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	64.60	1.00	1.00	0.04	0.00	466.25	88.82	5.25	45.23	1.41	31.98	
21 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	65.39	1.00	1.00	0.06	0.00	466.54	89.92	5.19	45.79	1.41	32.38	
21 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	66.42	1.00	1.00	0.07	0.00	466.91	91.33	5.11	46.51	1.41	32.89	
21 SLU-SLV(all) J[8]	0.8	67.58	1.00	1.00	0.07	0.00	467.32	92.92	5.03	47.32	1.41	33.46	
22 SLU-SLV(all) [9]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
22 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	64.74	1.00	1.00	0.09	0.00	466.30	89.02	5.24	45.33	1.41	32.05	
22 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	63.32	1.00	1.00	0.09	0.00	465.76	87.06	5.35	44.34	1.41	31.35	
22 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	62.05	1.00	1.00	0.07	0.00	465.25	85.31	5.45	43.45	1.41	30.72	
22 SLU-SLV(all) J[93]	0.8	61.13	1.00	1.00	0.04	0.00	464.88	84.05	5.53	42.80	1.41	30.27	
23 SLU-SLV(all) [27]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
23 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	58.16	1.00	1.00	0.01	0.00	463.58	79.97	5.80	40.73	1.41	28.80	
23 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	58.31	1.00	1.00	0.01	0.00	463.65	80.18	5.78	40.83	1.41	28.87	
23 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	58.48	1.00	1.00	0.01	0.00	463.72	80.41	5.77	40.95	1.41	28.95	
23 SLU-SLV(all) J[14]	0.8	58.79	1.00	1.00	0.02	0.00	463.86	80.83	5.74	41.16	1.41	29.11	
24 SLU-SLV(all) [14]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
24 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	62.74	1.00	1.00	0.05	0.00	465.53	86.26	5.40	43.93	1.41	31.06	
24 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	63.63	1.00	1.00	0.06	0.00	465.88	87.49	5.32	44.55	1.41	31.50	
24 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	64.75	1.00	1.00	0.07	0.00	466.30	89.03	5.24	45.34	1.41	32.06	
24 SLU-SLV(all) J[10]	0.8	66.01	1.00	1.00	0.08	0.00	466.77	90.76	5.14	46.22	1.41	32.68	
25 SLU-SLV(all) [11]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
25 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	63.65	1.00	1.00	0.08	0.00	465.89	87.52	5.32	44.57	1.41	31.51	
25 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	62.31	1.00	1.00	0.08	0.00	465.36	85.67	5.43	43.63	1.41	30.85	
25 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	61.12	1.00	1.00	0.06	0.00	464.87	84.04	5.53	42.80	1.41	30.26	
25 SLU-SLV(all) J[94]	0.8	60.32	1.00	1.00	0.03	0.00	464.53	82.94	5.60	42.23	1.41	29.86	
26 SLU-SLV(all) [31]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
26 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	119.73	1.00	1.00	0.16	0.00	477.47	164.62	2.90	83.83	1.41	59.28	
26 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	121.26	1.00	1.00	0.21	0.00	477.64	166.74	2.86	84.91	1.41	60.04	
26 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	123.40	1.00	1.00	0.30	0.00	477.87	169.67	2.82	86.40	1.41	61.10	
26 SLU-SLV(all) J[12]	0.8	126.59	1.00	1.00	0.46	0.00	478.19	174.06	2.75	88.64	1.41	62.68	
170 SLU-SLV(all) [93]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
170 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	35.96	1.00	1.00	0.01	0.00	447.22	49.44	9.05	25.18	1.41	17.80	
170 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	35.66	1.00	1.00	0.01	0.00	446.87	49.03	9.11	24.97	1.41	17.66	
170 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	35.37	1.00	1.00	0.01	0.00	446.51	48.63	9.18	24.76	1.41	17.51	
170 SLU-SLV(all) J[92]	0.8	35.11	1.00	1.00	0.01	0.00	446.19	48.27	9.24	24.58	1.41	17.38	
171 SLU-SLV(all) [93]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
171 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	57.43	1.00	1.00	0.01	0.00	463.23	78.96	5.87	40.21	1.41	28.43	
171 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	57.43	1.00	1.00	0.01	0.00	463.24	78.97	5.87	40.21	1.41	28.44	
171 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	57.65	1.00	1.00	0.02	0.00	463.34	79.27	5.84	40.37	1.41	28.54	
171 SLU-SLV(all) J[27]	0.8	57.94	1.00	1.00	0.02	0.00	463.47	79.66	5.82	40.57	1.41	28.69	
172 SLU-SLV(all) [92]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
172 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	66.54	1.00	1.00	0.04	0.00	466.96	91.50	5.10	46.59	1.41	32.95	
172 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	66.21	1.00	1.00	0.01	0.00	466.84	91.04	5.13	46.36	1.41	32.78	
172 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	66.21	1.00	1.00	0.01	0.00	466.84	91.04	5.13	46.36	1.41	32.78	
172 SLU-SLV(all) J[91]	0.8	66.53	1.00	1.00	0.03	0.00	466.95	91.48	5.10	46.58	1.41	32.94	
173 SLU-SLV(all) [91]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
173 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	24.86	1.00	1.00	0.00	0.00	428.55	34.19	12.53	17.41	1.41	12.31	
173 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	24.98	1.00	1.00	0.00	0.00	428.83	34.35	12.48	17.49	1.41	12.37	
173 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	25.11	1.00	1.00	0.00	0.00	429.14	34.53	12.43	17.58	1.41	12.43	
173 SLU-SLV(all) J[94]	0.8	25.24	1.00	1.00	0.00	0.00	429.44	34.70	12.38	17.67	1.41	12.50	
174 SLU-SLV(all) [94]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
174 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	56.80	1.00	1.00	0.00	0.00	462.93	78.10	5.93	39.77	1.41	28.12	
174 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	56.96	1.00	1.00	0.02	0.00	463.01	78.31	5.91	39.88	1.41	28.20	
174 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	57.33	1.00	1.00	0.02	0.00	463.19	78.82	5.88	40.14	1.41	28.38	
174 SLU-SLV(all) J[31]	0.8	57.71	1.00	1.00	0.02	0.00	463.37	79.35	5.84	40.41	1.41	28.57	
175 SLU-SLV(all) [95]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
175 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	54.67	1.00	1.00	0.08	0.00	461.87	75.18	6.14	38.28	1.41	27.07	
175 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	55.92	1.00	1.00	0.08	0.00	462.50	76.89	6.02	39.15	1.41	27.69	
175 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	57.15	1.00	1.00	0.07	0.00	463.10	78.58	5.89	40.01	1.41	28.29	
175 SLU-SLV(all) J[91]	0.8	58.32	1.00	1.00	0.07	0.00	463.65	80.19	5.78	40.84	1.41	28.87	
176 SLU-SLV(all) [96]	0.8	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00							
176 SLU-SLV(all) 1/4	0.8	54.14	1.00	1.00	0.09	0.00	461.59	74.45	6.20	37.91	1.41	26.81	
176 SLU-SLV(all) 2/4	0.8	55.54	1.00	1.00	0.09	0.00	462.32	76.37	6.05	38.89	1.41	27.50	
176 SLU-SLV(all) 3/4	0.8	56.93	1.00	1.00	0.08	0.00	463.00	78.28	5.91	39.86	1.41	28.19	
176 SLU-SLV(all) J[92]	0.8	58.27	1.00	1.00	0.08	0.00	463.62	80.12	5.79	40.80	1.41	28.85	

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 35 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

12.2 VERIFICHE GEOTECNICHE CABINA TERNA

Le verifiche geotecniche consistono sostanzialmente nella verifica di capacità portante che viene condotta seguendo l'Approccio 2: (A1 + M1 + R3), con i coefficienti parziali indicati in dettaglio nel capitolo 8, quindi con coefficienti parziali unitari per le caratteristiche del terreno e pari a 2.3 per la fondazione superficiale (verifica di capacità portante).

A titolo di esempio, si riporta il contour plot degli spostamenti verticali sulla fondazione nella combinazione quasi permanente dei carichi.

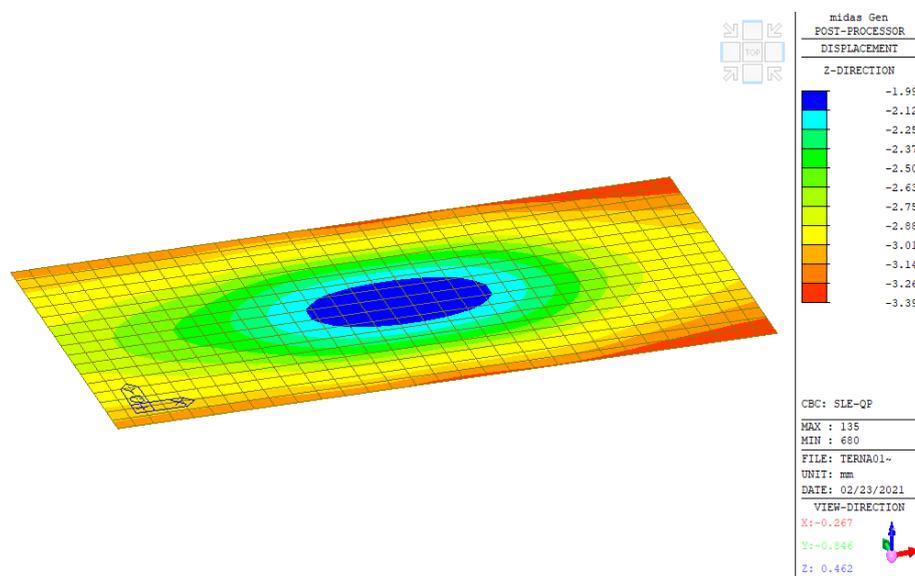


Figura 14 Spostamenti verticali della platea di fondazione in combinazione quasi permanente

La pressione limite q_{lim} è stata determinata con la formula generale di Brinch-Hansen, impiegata per il calcolo della capacità portante di fondazioni superficiali.

$$q_{lim} = 0.5\gamma'BN_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}b_{\gamma}g_{\gamma} + q'N_q s_q d_q i_q b_q g_q + c'N_c s_c d_c i_c b_c g_c$$

Sulla base dei parametri geotecnici, di cui al capitolo 7, sono stati calcolati i diversi termini seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
Pag 36 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante

$$Nq = \tan^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * tg\phi')}$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan\phi'$$

$$Ny = 2 * (Nq + 1) * \tan\phi'$$

sc, sq, sy : fattori di forma

$$sc = 1 + B * Nq / (L * Nc)$$

$$sq = 1 + B * \tan\phi' / L *$$

$$sy = 1 - 0,4 * B * / L *$$

ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico

$$iq = (1 - H / (N + B * L * c' \cot\phi'))^m$$

$$ic = iq - (1 - iq) / (Nq - 1)$$

$$iy = (1 - H / (N + B * L * c' \cot\phi'))^{(m+1)}$$

$$mb = (2 + B * / L *) / (1 + B * / L *)$$

$$mi = (2 + L * / B *) / (1 + L * / B *)$$

$$\theta = \arctg(Tb/Tl)$$

dc, dq, dy : fattori di profondità del piano di posa

$$dc = dq - (1 - dq) / (Nc \tan\phi')$$

$$D/B \leq 1 \rightarrow dq = 1 + 2D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B *$$

$$dy$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00^\circ \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

bc, bq, by : fattori di inclinazione base della fondazione

$$bq = (1 - \beta_f \tan\phi')^2$$

$$bc = bq - (1 - bq) / (Nc \tan\phi')$$

$$by = bq$$

gc, gq, gy : fattori di inclinazione piano di campagna

$$gq = (1 - \tan\beta_p)^2$$

$$gc = gq - (1 - gq) / (Nc \tan\phi')$$

$$gy = gq$$

Carico limite unitario

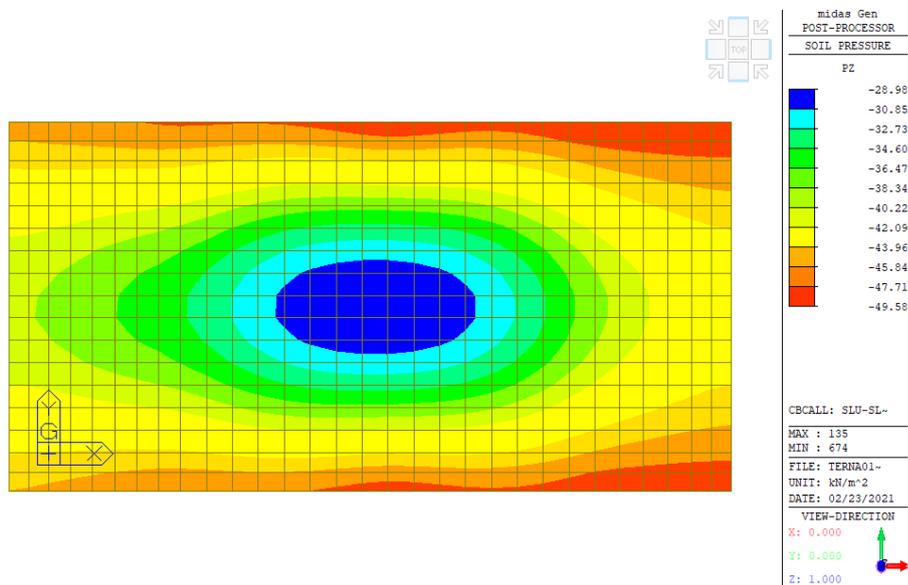
$$q_{lim} = 2277.36 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Il valore della capacità portante q_{lim} viene calcolato dividendo il risultato ottenuto con la formula di Brich-Hansen per il coefficiente parziale di sicurezza pari a 2.3, secondo l'approccio 2 di NTC08.

$$q_{lim} = 2277 / 2.3 = 990 \text{ kPa}$$

Si riporta di seguito il contour plot delle pressioni del terreno sulla platea di fondazione all'involuppo delle sollecitazioni SLU SLV.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
Pag 37 di 37	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2RBFA0600001	B



La pressione agente q è quella ottenuta dai risultati del modello di calcolo, amplificando poi le sollecitazioni agenti per il coefficiente γ_{Rd} pari a 1.1 in CDB, come richiesto nel paragrafo 7.2.5 delle NTC08. Pertanto si ha che la massima pressione agente sul terreno è pari a:

$$q_{Ed} = 49.6 * 1.1 = 54.6 \text{ kPa}$$

Si osserva che questo valore è ampiamente al di sotto del valore di q_{Lim} derivante dalla formula di Brinch-Hansen. La verifica è pertanto soddisfatta.