



# IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON OPERE DI CONNESSIONE E PRODUZIONE IDROGENO

## BIO3 PV HYDROGEN S.R.L.

POTENZA IMPIANTO 24,40 MW FV + 4,00 MW H<sub>2</sub> - COMUNE DI STATTE (TA)

### Proponente

**BIO3 PV HYDROGEN S.R.L.**

VIA GIOVANNI BOVIO 84 - 76014 SPINAZZOLA (BT) - P.IVA: 08695720725 - PEC: [bio3pvhydrogen@pec.it](mailto:bio3pvhydrogen@pec.it)

### Progettazione

**Ing. Antonello Rutilio**

VIA R. ZANDONAI 4 - 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 - PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 - email: [a.rutilio@incico.com](mailto:a.rutilio@incico.com)

### Collaboratori

**Ing. Lorenzo Stocchino**

VIA R. ZANDONAI 4 - 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 - PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 - email: [l.stocchino@incico.com](mailto:l.stocchino@incico.com)

### Coordinamento progettuale

**Envidev Consulting s.r.l**

CORSO VITTORIO EMANUELE II 287 - 00186 - ROMA (RM) - P.IVA: 01653460558 - PEC: [envidev\\_csrl@pec.it](mailto:envidev_csrl@pec.it)

Tel.: +39 3666 376 932 - email: [francesco@envidevconsulting.com](mailto:francesco@envidevconsulting.com)

### Titolo Elaborato

#### Relazione Tecnica Strutture

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL09	22ENV02_PD-REL09.00-Relazione tecnica strutture.docx	12/10/23

### Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	OTTOBRE '23	EMISSIONE PER PERMITTING	LAR	LST	ARU



**COMUNE DI STATTE (TA)**  
**REGIONE PUGLIA**



# Relazione Tecnica Strutture

## INDICE

1. OPERE IN ACCIAIO .....	1
PREMESSA.....	1
INTRODUZIONE .....	2
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
MATERIALI.....	5
CARICHI ELEMENTARI .....	6
COMBINAZIONI DI CARICO .....	9
PROGRAMMA DI CALCOLO .....	11
MODELLO DI CALCOLO.....	13
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	16
REAZIONI AL PIEDE DELLA STRUTTURA .....	17
VERIFICHE ALLO SLU DEI PROFILI PIÙ SOLLECITATI.....	18
VERIFICHE LUNGHEZZA DI INFISSIONE PALO .....	19
2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA .....	22
PREMESSA.....	22
INTRODUZIONE .....	22
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	23
MATERIALI.....	24
CARICHI ELEMENTARI .....	25
CARICHI CABINATI.....	26
REAZIONI VINCOLARI CABINA DI INTERFACCIA .....	31
REAZIONI VINCOLARI SISTEMA CABINA DI TRASFORMAZIONE BT-AT .....	35
REAZIONI VINCOLARI CABINA IDROGENO 36KV .....	38
REAZIONI VINCOLARI CABINA IDROGENO 20KV .....	40
COMBINAZIONI DI CARICO .....	43
PROGRAMMA DI CALCOLO .....	44
MODELLO DI CALCOLO.....	46
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	59
DATI DI OUTPUT .....	70
VERIFICHE DI STABILITA' - SCORRIMENTO.....	87
VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE.....	93
VERIFICA A CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE .....	101
3. CONCLUSIONI .....	104

## 1. OPERE IN ACCIAIO

### PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico associato alla proponente Società BIO3 PV HYDRONGEN S.R.L. con sede in Via Giovanni Bovio 84 - 76014 Spinazzola (BT) .

Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comunale di Statte (TA) con moduli installati su strutture a terra, ovvero su apposite strutture di sostegno direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera

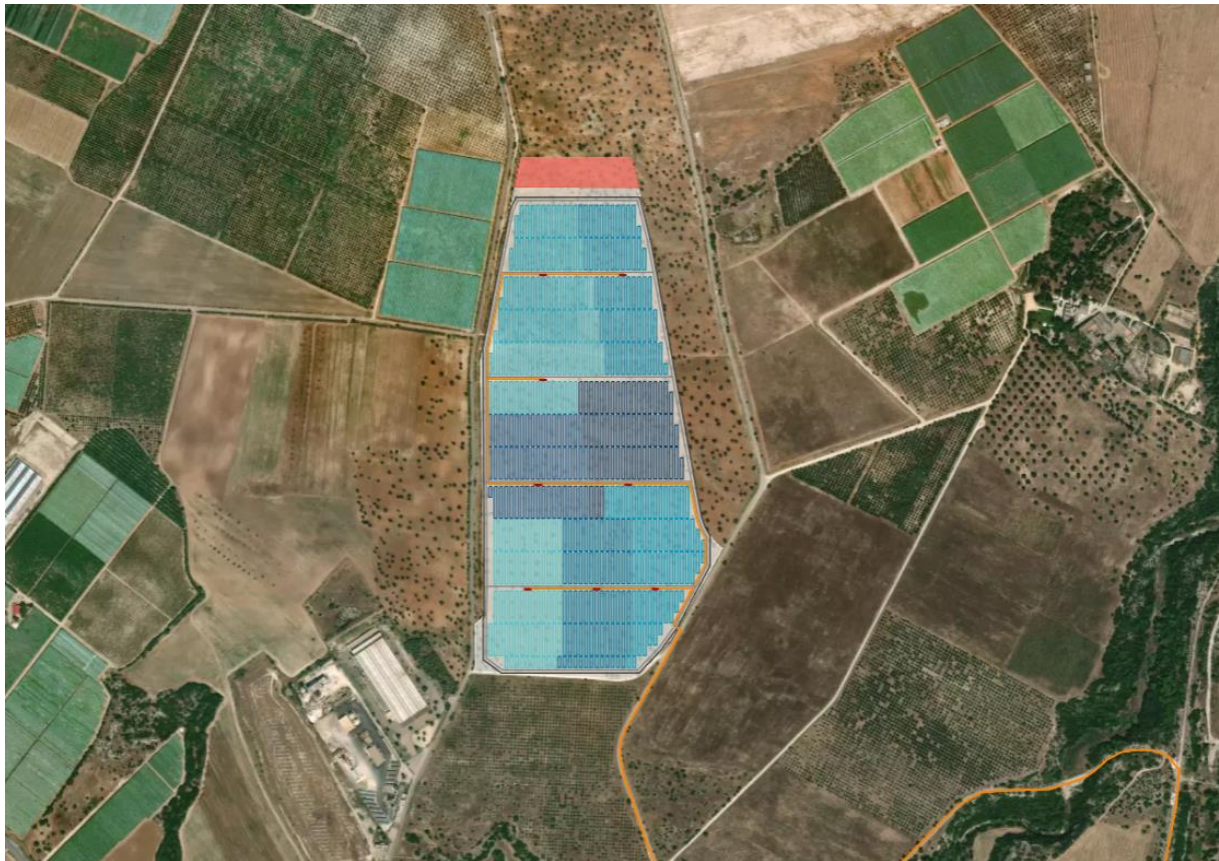


FIG. 1 – Vista satellitare dell'impianto

## INTRODUZIONE

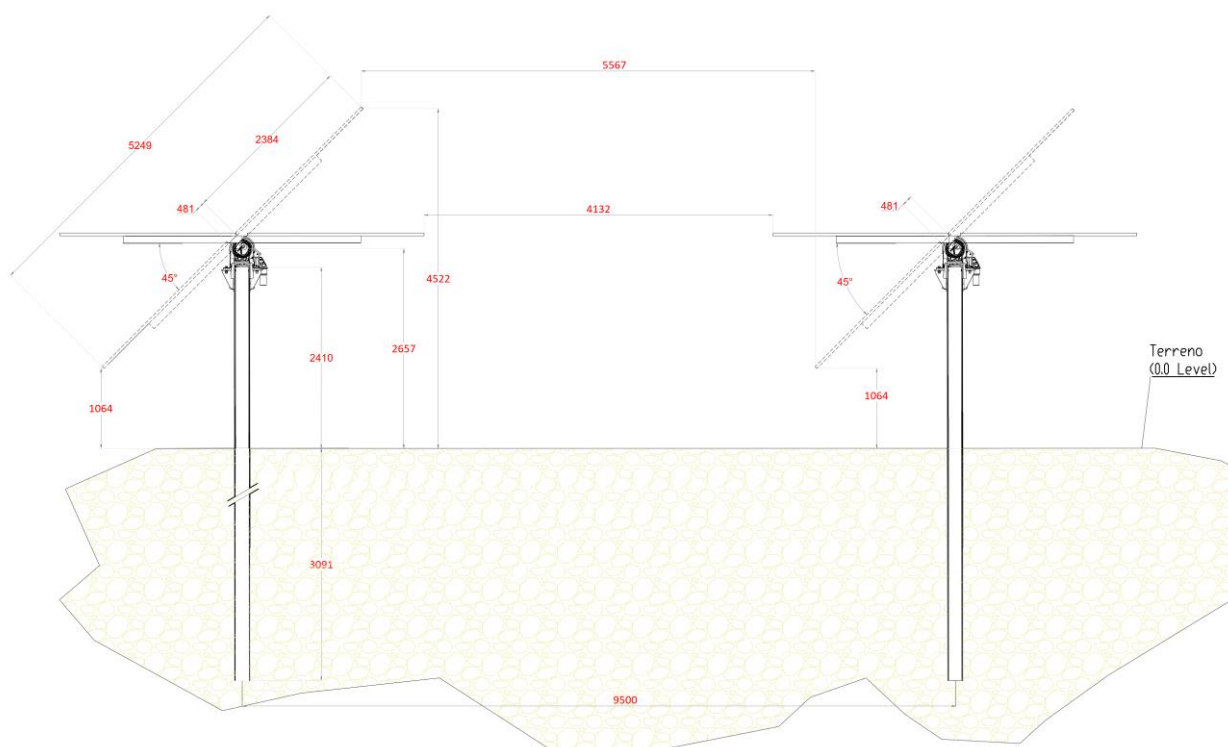
La presente relazione riguarda la progettazione e la verifica di un palo in acciaio infisso nel terreno per sostenere una sovrastruttura mobile per l'installazione di un impianto FV.

I pali hanno una lunghezza totale di metri 5.5m sono infissi nel terreno per metri 3.09 partendo dalla quota campagna.

La fondazione è realizzata mediante palo battuto in acciaio con sezione  $\varnothing 355 \times 7.1$  mm in acciaio di qualità S275 JR e lunghezza 3.09 m.

I moduli fotovoltaici saranno installati in doppia fila, configurazione 2xN, con il lato inferiore ad una quota di 0,50 metri dal piano campagna in tal modo l'altezza massima dei moduli, corrispondente ad una inclinazione di  $60^\circ$ , sarà di circa 4,4 metri. Il pitch, ovvero l'interdistanza tra le strutture, sarà di 10 metri.

Le strutture utilizzate nel presente progetto saranno essenzialmente di tre configurazioni in funzione della loro lunghezza ovvero file 2x14 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 20 metri, 2x28 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 40 metri e 2x42 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 56 metri.



L'analisi statica della fondazione in oggetto è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti (Robot Structural Analysis Professional 2022 di Autodesk), che fornisce in output le caratteristiche di sollecitazione interne alla platea di fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito in accordo alla Normativa vigente (D.M. 17/01/2018) con le seguenti assunzioni:

- l'intervento in oggetto è classificabile fra quelli di "nuova costruzione" ai sensi del D.M. 17/01/2018;
- Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi strutturale del comportamento dell'intera opera eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;

Il progetto strutturale è stato condotto considerando le condizioni:

- Stati Limite di Servizio (SLE) ai fini della verifica delle tensioni di esercizio e della fessurazione;
- Per quanto riguarda le verifiche di resistenza di elementi strutturali e le verifiche a rottura del terreno si considerano le combinazioni statiche SLU e per le combinazioni sismiche solamente quelle allo SLV (riferimento alla tabella 7.3.III sotto riportata).

**Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti**

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

(\*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

(\*\*) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche in DUT (duttività) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

Nelle pagine seguenti si riportano le piante, sezioni e la vista 3D del modello di calcolo della struttura metallica.

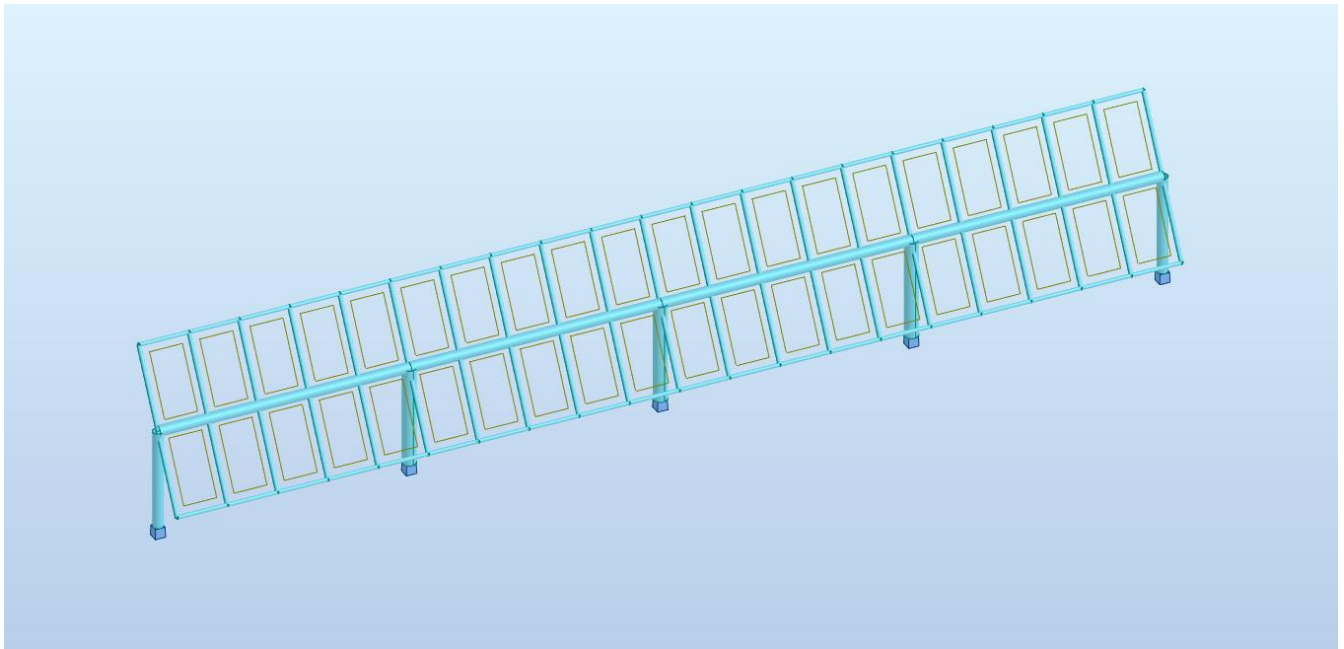


Fig. 2 –Struttura a sostegno dei tracker – 3D modello di calcolo

## NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La progettazione andrà eseguita in accordo con la normativa attualmente vigente.

Le seguenti normative italiane saranno applicate:

- D.M. 17 Gennaio 2018 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP- “Istruzione per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 31 Luglio 2012 “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici”
- Legge 05.11.1971, n.1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge 02.02.1974 N. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- D.M. 16-02-2007 “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione”
- D.M. 09-03-2007 “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei vigili del fuoco”.
- UNI EN 1990 “EUROCODICE 0 – Criteri generali di progettazione strutturale”
- UNI EN 1991 “EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture”
- UNI EN 1992 “EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 1997 “EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica”
- UNI EN 1998 “EUROCODICE 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

### Cemento armato:

- UNI EN 206 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206”
- UNI 11417 “Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 12350 “Prova sul calcestruzzo fresco”
- UNI EN 12390 “Prove sul calcestruzzo indurito”
- UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 197 “Cemento”
- UNI EN 480 “Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova”
- UNI EN 932 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”
- UNI EN 933 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati”
- UNI EN 1008 “Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo”
- UNI EN 1097 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati”
- UNI EN 1744 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati”
- UNI CEN/TS 1992 “Progettazione di attacchi da utilizzare nel calcestruzzo”
- UNI EN 10080 “Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità”
- UNI EN 13055 “Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione”

## MATERIALI

### Acciaio per strutture metalliche

Le Norme vigenti relative alle caratteristiche e ai requisiti dei materiali devono essere integralmente applicate.

Tutte le strutture metalliche devono essere zincate a caldo e verniciate con vernice acrilica poliuretanic.

Gli acciai strutturali dovranno essere conformi ai requisiti della norma EN10025/EN10210 e UNI EN 10219-1 e appartenere alle seguenti classi di seguito elencate.

Prodotti	Condizioni tecniche di fornitura	Dimensioni	Tolleranze
Sezioni ad I ed H	UNI EN 10025-1/6 Per quanto applicabili (1)	UNI EN 10365	UNI EN 10094
Profili ad I laminati a caldo ad ala rastremata		UNI EN 10365	UNI EN 10024
Profili a C o U		UNI EU 54	UNI EN 10279
Angolari		UNI EN 10056-1	UNI EN 10056-2
Sezioni a T		UNI EN 10055	UNI EN 10055
Piatti e lamiere		N/A	UNI EN 10029 (2) UNI EN 10051
Barre		UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061	UNI EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Profili cavi finiti a caldo	UNI EN 10210-1	UNI EN 10210-2	UNI EN 10210-2
Profili cavi formati a freddo	UNI EN 10219-1	UNI EN 10219-2	UNI EN 10219-2

NOTE:  
 (1) Materiali da impiegare:  
 S235, S275 e S355 JR, J0, J2 e K2 (UNI EN 10025-2, acciai non legati);  
 S275, S355, S420 e S460 N e NL (UNI EN 10025-3, acciai a grana fine);  
 S275, S355, S420 e S460 M e ML (UNI EN 10025-4, acciai a grana fine);  
 S235J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W e S355K2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione migliorata).  
 (2) Tolleranza sullo spessore: Classe B, per serbatoi e ciminiere: Classe C.  
 (3) Valide soltanto per le dimensioni; per le tolleranze di laminazione vale la UNI EN 10034.

### **Acciaio per profilati, piatti, lamiere**

Si prevede l'impiego di acciaio tipo S-275 JR in accordo UNI EN 10219-1.

$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$  ( $t \leq 40 \text{ mm}$ ) tensione caratteristica a snervamento

$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$  ( $t \leq 40 \text{ mm}$ ) tensione caratteristica a rottura

$f_{yk} = 255 \text{ MPa}$  ( $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$ ) tensione caratteristica a snervamento

$f_{tk} = 410 \text{ MPa}$  ( $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$ ) tensione caratteristica a rottura

$E = 210000 \text{ MPa}$  modulo elastico longitudinale

$A_{min} \geq 21\%$  allungamento a rottura

$\alpha = 12E-6 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  coefficiente di espansione termica lineare (fino a  $100^\circ\text{C}$ )

$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$  densità

### **Bulloni, dadi e rondelle**

Tutti i bulloni saranno galvanizzati a caldo.

Tutte le unioni dovranno essere non precaricate con l'utilizzo di bulloni "non a serraggio controllato" (UNI EN 15048-1).

Bulloni, dadi e rosette nelle connessioni "non precaricate" dovranno essere in accordo alla norma UNI EN 15048-1:2007

"Bulloneria Strutturale non a serraggio controllato".

Gli accoppiamenti vite-dado-rondella consentiti sono riportati in tabella sottostante.





### Carichi permanenti non strutturali (G2)

I valori di carico utilizzati nella progettazione della struttura sono di seguito riportati:

#### MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	132 [2 x (11 x 6) ]
Dimensions	2384 x 1303 x 35 mm (93.9 x 51.3 x 1.38 in)
Weight	37.9 kg (83.6 lbs)
Front Glass	2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> (IEC), 10 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Connector	T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	31 pieces
Per Container (40' HQ)	527 pieces or 465 pieces (only for US)

### Carichi da vento (Vx/Vy)

Il carico vento è stato determinato in accordo a quanto previsto dal Cap.3.3 del D.M. 17/01/18, assumendo per il sito in esame i seguenti parametri:

La velocità di progetto del vento è stata determinata in accordo alle D.M. 17/01/18, sono stati considerati i seguenti parametri:

Comune: Statte (TA)  
 Regione: Puglia  
 Zona: 3 (vb,0 = 27 m/s, a0 = 500 m, ks=0.37).  

$$V_b = v_{b,0} \cdot C_a$$

Ove:

$C_a = 1$  per  $a_s < a_0$

$C_a = 1 + k_s [(a_s / a_0) - 1]$  per  $a_0 < a_s \leq 1500$  m

Classe rugosità terreno: D (Area priva di ostacoli).

Altitudine:  $a_s = 138$  m s.l.m. <  $a_0 = 500$  m

Categoria esposizione II ( $k_r = 0.19$ ,  $z_0 = 0.05$  m,  $z_{min} = 4.0$  m)

Velocità di riferimento  $v_r = v_b \cdot C_r = 27.0$  m/s (  $T_r = 50$  anni  $\Rightarrow C_r = 1$ )

Pressione cinetica di riferimento  $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 456$  N/m<sup>2</sup>

Coefficiente di esposizione:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{if } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{if } z < z_{min}$$

$c_t = 1$  coefficiente di topografia

Coefficiente di esposizione minimo  $C_{e,min}$  1.800  $Z \leq 4m$   
 Coefficiente di esposizione al colmo  $C_{e,colmo}$  1.856  $Z = 4.4m$

$c_e = 1.856$  (per zcolmo = 4.4 m)  $q = q_b \cdot c_e = 456 \cdot 1.856 = 847 \text{ N/m}^2 = 0.85 \text{ kN/m}^2$

Per i coefficienti di pressione esterni si fa riferimento alla circolare 21/01/2019 delle NTC2018

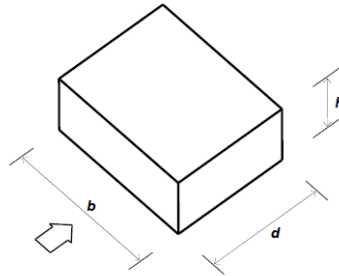


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

Tabella G.1 – Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravento, sottovento e laterali.

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

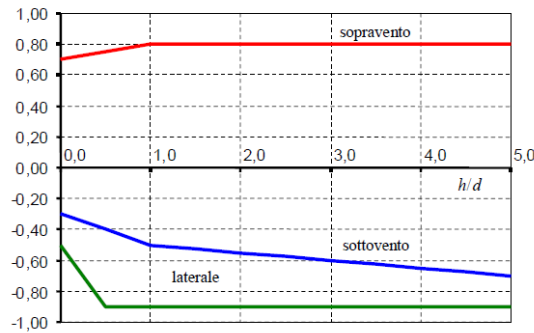


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravento, sottovento e laterali.

C3.3.8.2.1 Tettoie a falda singola

La Tabella C3.3.XV e la relativa Figura C.3.3.21 riportano i valori dei coefficienti di forza per le tettoie a semplice falda con vento agente perpendicolarmente alla linea di colmo. I valori dei coefficienti di forza sono espressi in funzione del grado di bloccaggio  $\phi$  e dell'inclinazione  $\alpha$  della falda. Per valori intermedi di  $\phi$  è ammessa un'interpolazione lineare tra i valori relativi ai casi  $\phi=0$  e  $\phi=1$ . La quota di riferimento  $Z_r$  è pari all'altezza massima h della tettoia. L'area di riferimento  $L^2$ , ossia l'area su cui è applicata la forza risultante, è pari all'area della tettoia.

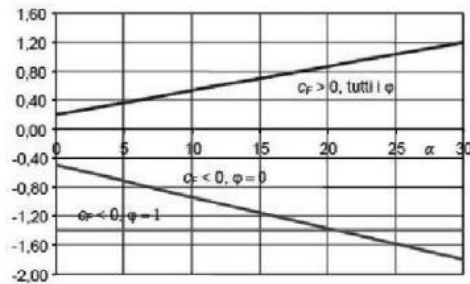


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ).

Valori positivi	Tutti i valori di $\phi$	$c_r = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\phi = 0$	$c_r = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$
	$\phi = 1$	$c_r = -1,4$

A favore di sicurezza si sceglie di adottare un carico da vento a metro quadrato pari a:

$$P=1.93 \text{ kN/m}^2$$

### **Carico da Neve (N)**

Il carico neve è stato determinato in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/18, precisamente:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

L'azione della neve è definita considerando i seguenti parametri del sito:

Zona di carico della neve III

$$q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare  $a_s = 138\text{m} > 200\text{m}$

Coefficiente di esposizione  $C_E = 1.0$

Coefficiente termico  $C_t = 0.9$

Coefficiente di forma  $\mu_1 = 0 (\alpha=60^\circ)$

$$q_s = 0 \text{ kN/m}^2$$

### **Azione Sismica (E)**

Il Comune di Statte (TA) è a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che si verifichi in un certo intervallo temporale un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato.

Il lasso di tempo in questione è il " $V_R$ " che, associato alla "probabilità di superamento nel periodo di riferimento"  $P_{VR}$ , determina il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma. Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

$T_R = V_R$  stato limite di danno (SLD)

$T_R = 9.50 \cdot V_R$  stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

La vita di riferimento dell'opera si calcola dal prodotto tra la vita nominale  $V_N$ , da intendersi pari al numero di anni durante i quali deve essere usata, pur con la necessaria manutenzione ordinaria, per gli scopi previsti, ed il coefficiente d'uso  $C_U$  che traduce la destinazione d'uso dell'opera quantificandone l'importanza/pericolosità.

Tuttavia, trattandosi di zona sismica "3", si attesta che le azioni sismiche sono minoranti rispetto alle altre azioni gravanti sulla struttura metallica.

### **COMBINAZIONI DI CARICO**

Le combinazioni di carico prese in considerazione sono quelle previste dal D.M. 17/01/18 par. 2.5.3 considerando i

coefficienti in tab. 2.5.I e 2.6.I:

### 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{33} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

Combinazione quasi permanente (SI.F), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

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

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

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

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_i$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qk}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

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

Si riportano di seguito le combinazioni considerate nel calcolo della struttura metallica in elevazione.

#### Combinazioni SLU-A1

$$1.3G_1 + 1.5G_2 \pm 1.5W$$

$$1.0 G_1 + 0.8G_2 \pm 1.5W$$

#### Combinazioni SLE Rare

$$1.0 G_1 + 1.0G_2 \pm 1.0W$$

## PROGRAMMA DI CALCOLO

L'analisi strutturale e le verifiche delle strutture in oggetto sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico ad elementi finiti: Robot Structural Analysis Professional 2022 di

Titolo	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022
Autore	Autodesk Inc.
Produttore	Autodesk Inc.
Fornitore	Autodesk Inc.
Versione	33.0.1.8274 (x64)
Licenza no.	563-61811595

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni. L'analisi statica è di tipo non lineare e utilizza il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. La non linearità del problema deriva dalla modellazione dell'interazione terreno-fondazione considerato di tipo elastico in compressione ma non reagente a trazione.

L'analisi strutturale è effettuata con il metodo degli elementi finiti. Nel caso specifico gli elementi monodimensionali sono stati modellati tramite l'utilizzo di elementi monodimensionali tipo "beam" mentre gli elementi bidimensionali tramite elementi "shell".

Il metodo degli elementi finiti sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi.

L'analisi strutturale è eseguita mediante analisi di rigidità per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti Ultimi.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

La valutazione della affidabilità e idoneità del software per questo progetto è stata consentita da un esame della documentazione fornita dallo sviluppatore. Questa documentazione contiene la descrizione completa della base teorica, gli algoritmi utilizzati, l'individuazione delle aree di applicazione, test (con file di input necessari a riprodurre il processo) del tutto risolti e discussi.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, quali mesh non coerente, presenza di nodi isolati, assenza di vincoli, il non rispetto delle limitazioni geometriche, la presenza di elementi non verificati, la non convergenza del calcolo nel caso di analisi non lineare, il mancato raggiungimento dei limiti normativi, la ridondanza di oggetti modellati, etc...

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Oltre al controllo automatico condotto dal software, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti ad ulteriori controlli che ne comprovano l'attendibilità e l'accettabilità. Questi controlli, eseguiti manualmente con metodi tradizionali, consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc..

In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

Sistema di riferimento globale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020: per coordinate e spostamenti nodali e per i carichi applicati.

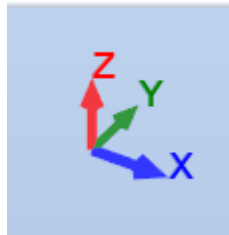
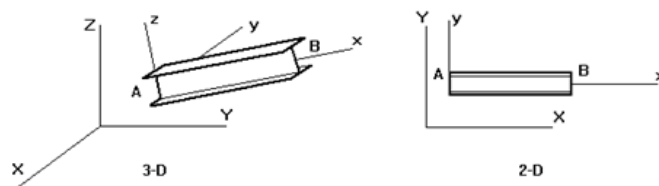


FIG. 3 – Sistema di riferimento globale modello 3d

Sistema di riferimento locale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020: per le azioni interne.

Unità di misura utilizzate : kN, kNm



A - Beginning node, B - End node of a bar

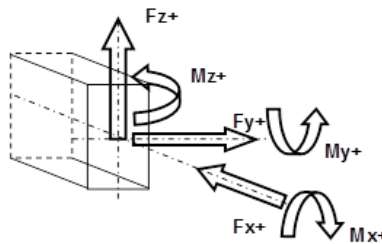


FIG. 4 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

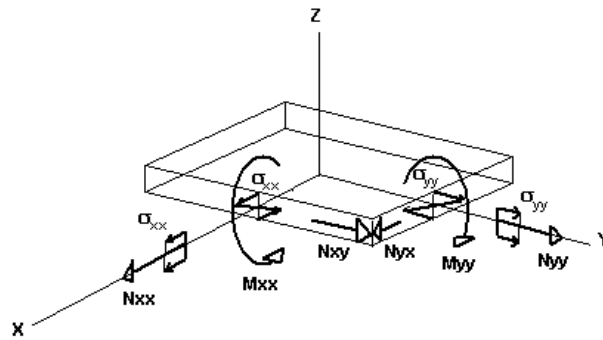


FIG. 5 –Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

**MODELLO DI CALCOLO**

La struttura oggetto del presente report viene calcolata mediante l’ausilio di un software di calcolo FEM dove le aste vengono modellate con elementi “beam”.

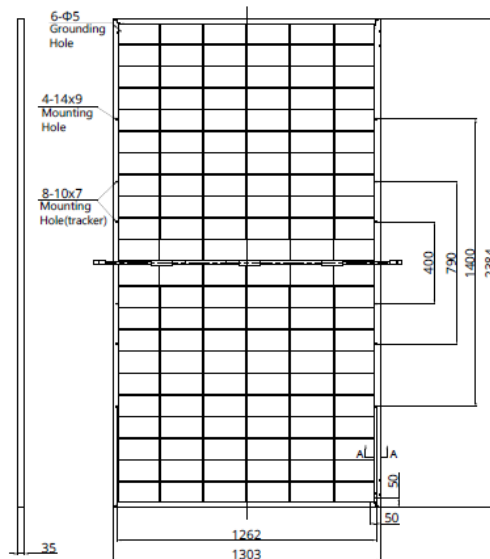
Il calcolo prevede un’analisi lineare dinamica (analisi modale) considerando l’85% di partecipazione delle masse.

Il telaio è costituito da profili saldati ed imbullonati.

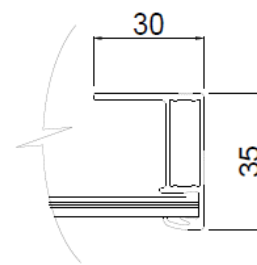
E’ costituito da un colonne con un TOS di +2.60m su cui andranno installati dei moduli di pannelli fotovoltaici con le seguenti caratteristiche

**ENGINEERING DRAWING (mm)**

**Rear View**



**Frame Cross Section A-A**



**Mounting Hole**

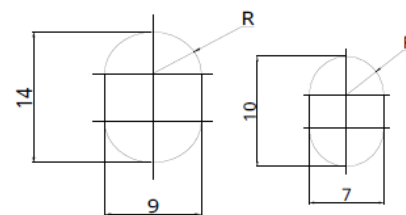


Fig. 6 –Datasheet Moduli PV



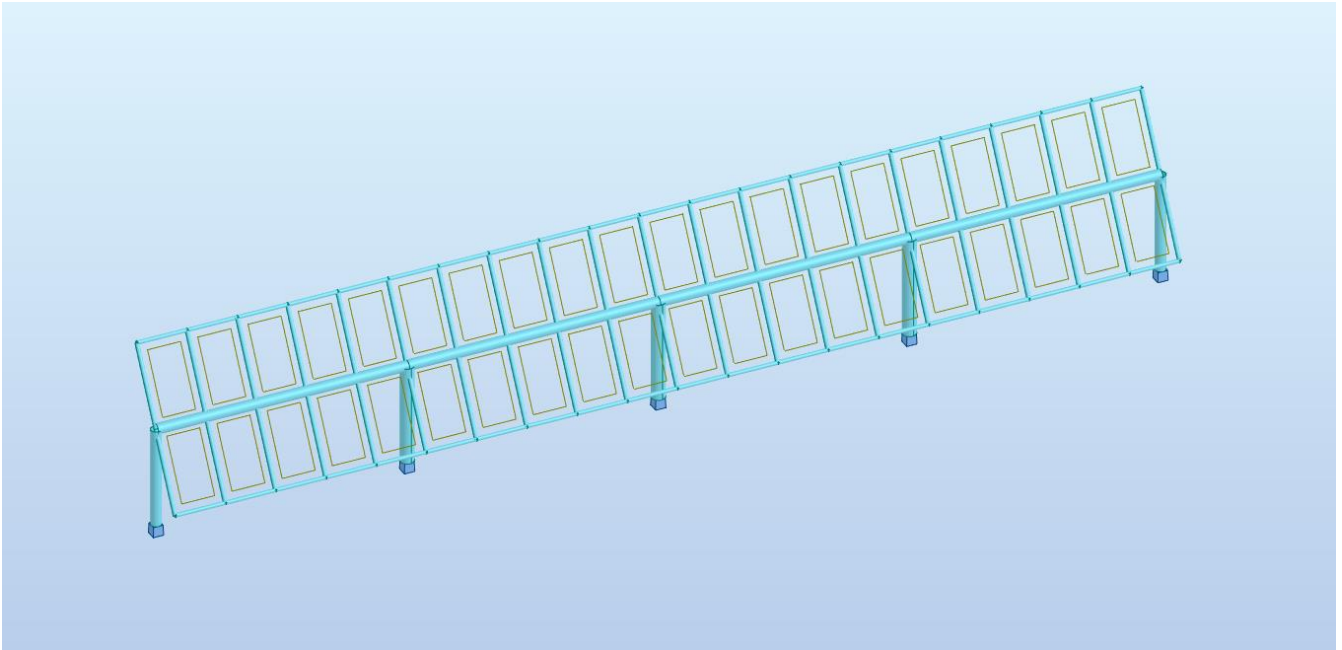


FIG. 7 – Vista 3D del modello di calcolo

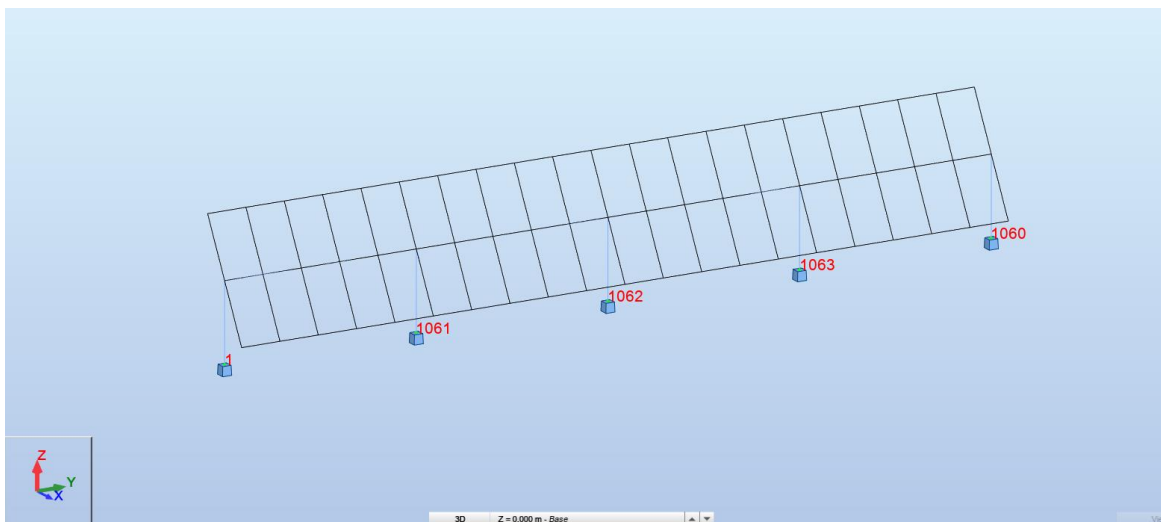


FIG. 8 – Nodi con vincoli alla base

## Nodi

Si riporta di seguito la tabella dei nodi, relativi alla struttura

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1063	0,0	19,500	0,0	Incastro
1062	0,0	13,000	0,0	Incastro
1061	0,0	6,500	0,0	Incastro
1060	0,0	26,000	0,0	Incastro
1	0,0	0,0	0,0	Incastro
1052	1,026	22,100	0,804	
1051	-1,026	22,100	4,396	
1050	0,0	22,100	2,600	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1049	-1,026	23,400	4,396	
1048	0,0	23,400	2,600	
1047	1,026	20,800	0,804	
1046	1,026	19,500	0,804	
1045	-1,026	19,500	4,396	
1044	0,0	19,500	2,600	
1043	-1,026	20,800	4,396	
1057	-1,026	24,700	4,396	
1056	0,0	24,700	2,600	
1055	-1,026	26,000	4,396	
1038	0,0	16,900	2,600	
1059	1,026	26,000	0,804	
1058	1,026	24,700	0,804	
1054	0,0	26,000	2,600	
1053	1,026	23,400	0,804	
1042	0,0	20,800	2,600	
1041	1,026	18,200	0,804	
1039	-1,026	16,900	4,396	
1037	-1,026	18,200	4,396	
1036	0,0	18,200	2,600	
1035	1,026	15,600	0,804	
1033	-1,026	14,300	4,396	
1032	0,0	14,300	2,600	
1031	-1,026	15,600	4,396	
1030	0,0	15,600	2,600	
1029	1,026	13,000	0,804	
1028	1,026	11,700	0,804	
1008	0,0	3,900	2,600	
1007	-1,026	5,200	4,396	
1006	0,0	5,200	2,600	
1005	1,026	2,600	0,804	
1004	-1,026	2,600	4,396	
1027	-1,026	11,700	4,396	
1040	1,026	16,900	0,804	
1034	1,026	14,300	0,804	
1026	0,0	11,700	2,600	
1025	-1,026	13,000	4,396	
1024	0,0	13,000	2,600	
1023	1,026	10,400	0,804	
1022	1,026	9,100	0,804	
1021	-1,026	9,100	4,396	
1020	0,0	9,100	2,600	
1019	-1,026	10,400	4,396	
1018	0,0	10,400	2,600	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1017	1,026	7,800	0,804	
1016	1,026	6,500	0,804	
1015	-1,026	6,500	4,396	
1014	0,0	6,500	2,600	
1013	-1,026	7,800	4,396	
1012	0,0	7,800	2,600	
1011	1,026	5,200	0,804	
1010	1,026	3,900	0,804	
1009	-1,026	3,900	4,396	
1003	0,0	2,600	2,600	
1002	0,0	1,300	2,600	
1001	0,0	0,0	2,600	
5	1,026	1,300	0,804	
4	1,026	0,0	0,804	
3	-1,026	1,300	4,396	
2	-1,026	0,0	4,396	

### CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano le condizioni di carico ed i valori dei carichi applicati nel modello di calcolo.

Caso	Etichetta	Nome	Natura
1	G1	peso Proprio	Permanenti
2	G2	Permanente	Perm.Non-str.
3	Wy	Wy	Vento
4	Wx	Wx	Vento

### Valori dei Carichi

Condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
4:Wx	(FE) uniform	1225to1228 1234to1236 1238 1248to1250 1252 1259to1261 1263 1276to1278 1280 1287to1289 1291 1301to1303 1305 1312to1314 1316 1332to1334 1336 1343to1345 1347	' PX=1,930(kN/m2)
5:Wy	(FE) uniform	1225to1228 1234to1236 1238 1248to1250 1252 1259to1261 1263 1276to1278 1280 1287to1289 1291 1301to1303 1305 1312to1314 1316 1332to1334 1336 1343to1345 1347	' PY=0,017(kN/m2)
2:Permanente	(FE) uniform	1225to1228 1234to1236 1238 1248to1250 1252 1259to1261 1263 1276to1278 1280 1287to1289	' PZ=-0,140(kN/m2)

Condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
		1291 1301to1303 1305 1312to1314 1316 1332to1334 1336 1343to1345 1347	
1:peso Proprio	self-weight	1 2 4 7 9 103 104 1016 1225to1232 1234to1243 1245 1246 1248to1257 1259to1268 1270 1271 1273 1274 1276to1285 1287to1296 1298 1299 1301to1310 1312to1321 1323 1324 1326 1327 1329 1330 1332to1341 1343to1355 1357 1358 1360to1365	' PZ Negative Factor=1,00

### REAZIONI AL PIEDE DELLA STRUTTURA

Si riporta di seguito l'elenco per le condizioni semplici delle reazioni in fondazione (sotto forma di azioni al piede).

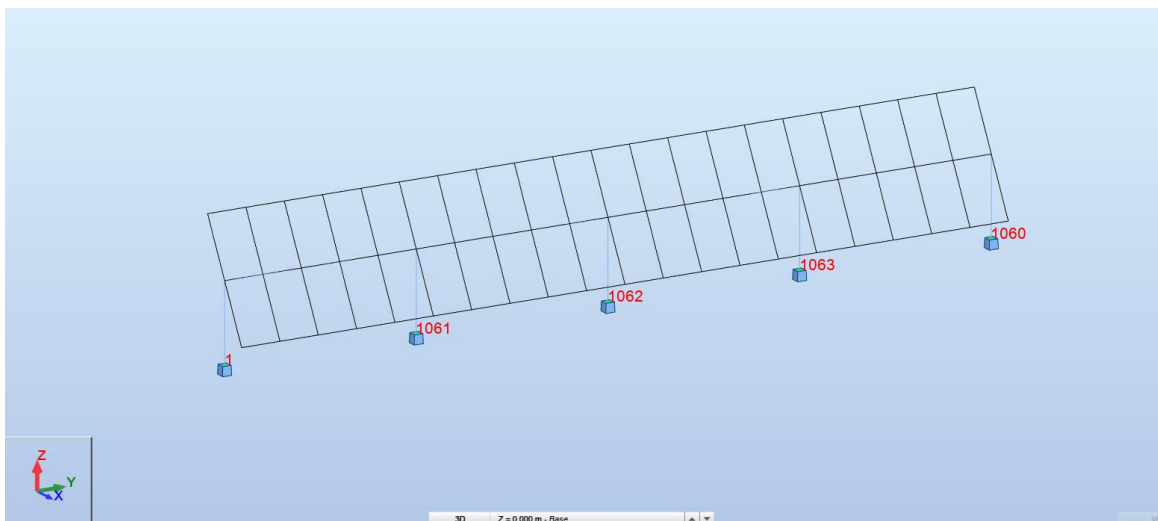


FIG. 9 – Numerazione dei nodi con vincolo alla base della struttura

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 1	-0,011	0,473	2,286	-0,395	-0,024	-0,049
1/ 2	-0,016	0,650	1,755	-0,543	-0,034	-0,067
1/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 4	-22,360	-1,752	0,066	1,472	-58,062	8,209
1/ 5	0,001	-0,209	-0,062	0,340	0,002	-0,004
1/ 6 (C)	-33,567	-1,506	4,140	1,269	-87,151	12,198
1/ 7 (C)	33,513	3,751	3,942	-3,147	87,035	-12,429
1/ 8 (C)	-33,578	-1,040	5,703	0,879	-87,175	12,150
1/ 9 (C)	33,510	3,893	4,628	-3,266	87,028	-12,443
1/ 10 (C)	-20,162	0,012	5,663	-0,004	-52,338	7,225
1/ 11 (C)	20,086	3,166	5,545	-2,654	52,174	-7,551
1/ 12 (C)	-13,443	0,071	4,080	-0,055	-34,895	4,810
1/ 13 (C)	13,389	2,174	4,001	-1,822	34,779	-5,041
1060/ 1	-0,011	-0,473	2,286	0,395	-0,024	0,049
1060/ 2	-0,016	-0,650	1,755	0,543	-0,034	0,067
1060/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1060/ 4	-22,360	1,752	0,066	-1,472	-58,062	-8,209
1060/ 5	-0,001	-0,209	0,062	0,340	-0,002	-0,004
1060/ 6 (C)	-33,567	1,506	4,140	-1,269	-87,151	-12,198
1060/ 7 (C)	33,513	-3,751	3,942	3,147	87,035	12,429
1060/ 8 (C)	-33,578	1,040	5,703	-0,879	-87,175	-12,150
1060/ 9 (C)	33,510	-3,893	4,628	3,266	87,028	12,443

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1060/ 10 (C)	-20,162	-0,012	5,663	0,004	-52,338	-7,225
1060/ 11 (C)	20,086	-3,166	5,545	2,654	52,174	7,551
1060/ 12 (C)	-13,443	-0,071	4,080	0,055	-34,895	-4,810
1060/ 13 (C)	13,389	-2,174	4,001	1,822	34,779	5,041
1061/ 1	0,013	-0,088	4,292	0,092	0,028	0,019
1061/ 2	0,019	-0,121	3,898	0,127	0,040	0,025
1061/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1061/ 4	-55,768	0,717	-0,211	-0,664	-144,504	-3,486
1061/ 5	0,001	-0,469	-0,004	0,803	0,002	-0,007
1061/ 6 (C)	-83,619	0,866	7,874	-0,777	-216,687	-5,184
1061/ 7 (C)	83,684	-1,286	8,506	1,216	216,824	5,274
1061/ 8 (C)	-83,606	0,779	11,110	-0,686	-216,658	-5,166
1061/ 9 (C)	83,688	-1,312	9,793	1,243	216,832	5,280
1061/ 10 (C)	-50,145	0,349	11,236	-0,287	-129,956	-3,074
1061/ 11 (C)	50,237	-0,943	11,616	0,908	130,150	3,201
1061/ 12 (C)	-33,428	0,221	8,063	-0,179	-86,634	-2,047
1061/ 13 (C)	33,493	-0,640	8,316	0,618	86,771	2,136
1062/ 1	-0,005	0,000	4,188	-0,000	-0,009	0,000
1062/ 2	-0,006	0,000	3,755	-0,000	-0,012	0,000
1062/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1062/ 4	-51,357	-0,000	0,289	0,000	-134,661	-0,000
1062/ 5	-0,000	-0,472	-0,000	0,805	0,000	-0,007
1062/ 6 (C)	-77,046	-0,000	8,377	0,000	-202,012	-0,000
1062/ 7 (C)	77,024	0,000	7,509	-0,000	201,971	0,000
1062/ 8 (C)	-77,051	-0,000	11,511	0,000	-202,021	-0,000
1062/ 9 (C)	77,022	0,000	8,766	-0,000	201,968	0,000
1062/ 10 (C)	-46,237	-0,000	11,337	0,000	-121,224	-0,000
1062/ 11 (C)	46,205	0,000	10,817	-0,000	121,166	0,000
1062/ 12 (C)	-30,825	-0,000	8,117	0,000	-80,817	-0,000
1062/ 13 (C)	30,803	0,000	7,770	-0,000	80,776	0,000
1063/ 1	0,013	0,088	4,292	-0,092	0,028	-0,019
1063/ 2	0,019	0,121	3,898	-0,127	0,040	-0,025
1063/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1063/ 4	-55,768	-0,717	-0,211	0,664	-144,504	3,486
1063/ 5	-0,001	-0,469	0,004	0,803	-0,002	-0,007
1063/ 6 (C)	-83,619	-0,866	7,874	0,777	-216,687	5,184
1063/ 7 (C)	83,684	1,286	8,506	-1,216	216,824	-5,274
1063/ 8 (C)	-83,606	-0,779	11,110	0,686	-216,658	5,166
1063/ 9 (C)	83,688	1,312	9,793	-1,243	216,832	-5,280
1063/ 10 (C)	-50,145	-0,349	11,236	0,287	-129,956	3,074
1063/ 11 (C)	50,237	0,943	11,616	-0,908	130,150	-3,201
1063/ 12 (C)	-33,428	-0,221	8,063	0,179	-86,634	2,047
1063/ 13 (C)	33,493	0,640	8,316	-0,618	86,771	-2,136

### VERIFICHE ALLO SLU DEI PROFILI PIÙ SOLLECITATI

Si riportano nelle pagine seguenti le verifiche allo stato limite ultimo degli elementi strutturali in accordo alla norma UNI-EN 1993-1-1:2005/NA:2007/A1:2014, "Eurocode 3: Design of steel structures".

In particolare vengono visualizzati i risultati in forma tabellare sintetica, tramite esplicitazione del fattore di proporzionalità rispetto alla tensione di snervamento di calcolo, riportando le verifiche in forma estesa solo per gli elementi più sollecitati o significativi.

**VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO – BARRE - COMB. SLU & SLV**

arra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione
1 Colonna 1-1_1	TRON 273x6.3	S 275	55.13	55.13	0.74	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1016	TRON 273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.45	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
1353 Trave 1-1_1353	TRON 273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.45	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
1360 Colonna 1-1_1360	TRON 273x6.3	S 275	55.13	55.13	0.74	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1361 Colonna 1-1_1361	Tronco 355x7.1	S 275	42.27	42.27	0.96	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
1362 Colonna 1-1_1362	Tronco 355x7.1	S 275	42.27	42.27	0.90	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1363 Colonna 1-1_1363	Tronco 355x7.1	S 275	42.27	42.27	0.96	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
1364 Trave 1-1_1364	TRON 273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.39	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
1365 Trave 1-1_1365	TRON 273x6.3	S 275	68.92	68.92	0.39	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx

**VERIFICHE LUNGHEZZA DI INFISSIONE PALO**

**GEOMETRIA PALO CAVO**

D = 0.273 m

s = 6.3 mm

Ltot = 5.50 m

Linfiss,min = 3.09 m

Lfuori terra = 2.41 m

**CAPACITÀ PORTANTE (APPROCCIO 2 NTC2018: A1+M1+R3)**

I parametri geotecnici preliminari adottati sono stati dedotti dal documento di riferimento “22ENV02\_PD-REL21.00-Relazione geologica e geotecnica”.

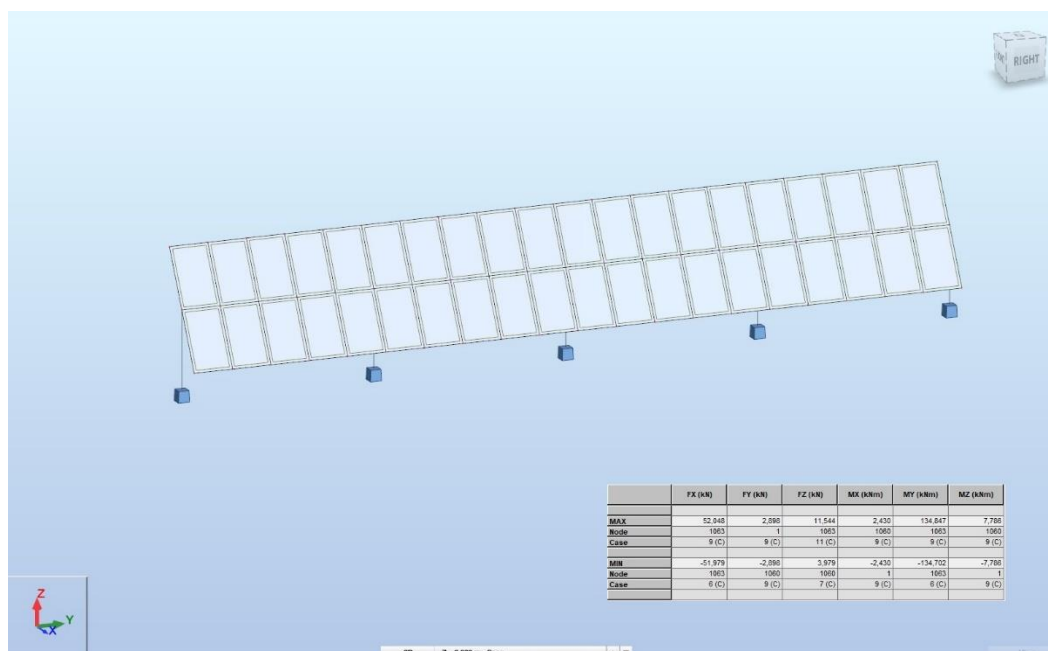


Fig. 10- Sollecitazioni SLU

Il calcolo della capacità portante è stato condotto secondo NTC 2018, adottando l’Approccio 2, combinazione A1 + M1 + R3.

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti  $\gamma_R$  per pali infissi della tabella sottostante. I valori dei coefficienti  $\gamma_M$  per i quali fattorizzare i parametri geotecnici sono pari all'unità.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto

**Tabella I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le resistenze**

La verifica è stata effettuata a trazione, essendo i carichi verticali di trazione i prevalenti nella condizione di progetto. La capacità portante ultima a trazione  $R_{c,k}$  sotto carichi verticali è stata calcolata considerando, cautelativamente, il solo contributo della resistenza laterale, ottenuta dalla seguente formula:

$$R_{s,k} = \pi \cdot D \cdot \int_{z_1}^{z_2} \tau \cdot dz$$

dove:

- $D$  diametro palo;
- $\tau$  capacità portante unitaria laterale;
- $z_1$  profondità della testa del palo;
- $z_2$  profondità alla base del palo.

I valori di  $\tau$  sono calcolati attraverso le seguenti formule:

$$\tau = \sigma'_v k_s \tan(\delta) \quad (\text{terreni granulari})$$

dove:

- $k_s$  coefficiente che definisce le tensioni orizzontali efficaci in rapporto a quelle verticali = 1;
- $\sigma'_v$  tensione litostatica efficace =  $\gamma' \cdot z$ ;
- $\delta$  angolo di attrito tra palo e terreno, pari a 20°

Il valore caratteristico della resistenza  $R_{t,k}$  (trazione) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alla resistenza calcolata  $R_{t,cal}$  i fattori di correzione  $\xi$  riportati nella tabella sottostante, in funzione del numero N di verticali di indagine.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

**Tabella II – Fattori di correlazione funzione del numero di verticali indagate**

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Per 1 verticale di indagine, si ha  $\xi_3 = \xi_4 = 1.7$

La resistenza ultima a trazione sotto carichi verticali è stata stimata come segue:

$$R_{t,d} = 0.8 \cdot R_{t,k} / \gamma_{st}$$

essendo:

- $R_{t,d}$  resistenza ultima a trazione;
- $R_{t,k}$  resistenza ultima laterale.

Verifiche

La lunghezza di infissione minima è stata definita sulla base del calcolo della capacità portante verticale a trazione, la quale costituisce condizione dimensionante di progetto.

**Linfissione = 3.09 m**

Trazione  
Ed < Rd

**11.54 kN < 12.1 kN**

**STATTE (TA)**

Palo battuto con tubo d'acciaio  
Ø273 mm x 6,3 mm spessore  
Resistenza di progetto a trazione SLU (NTC 2018)

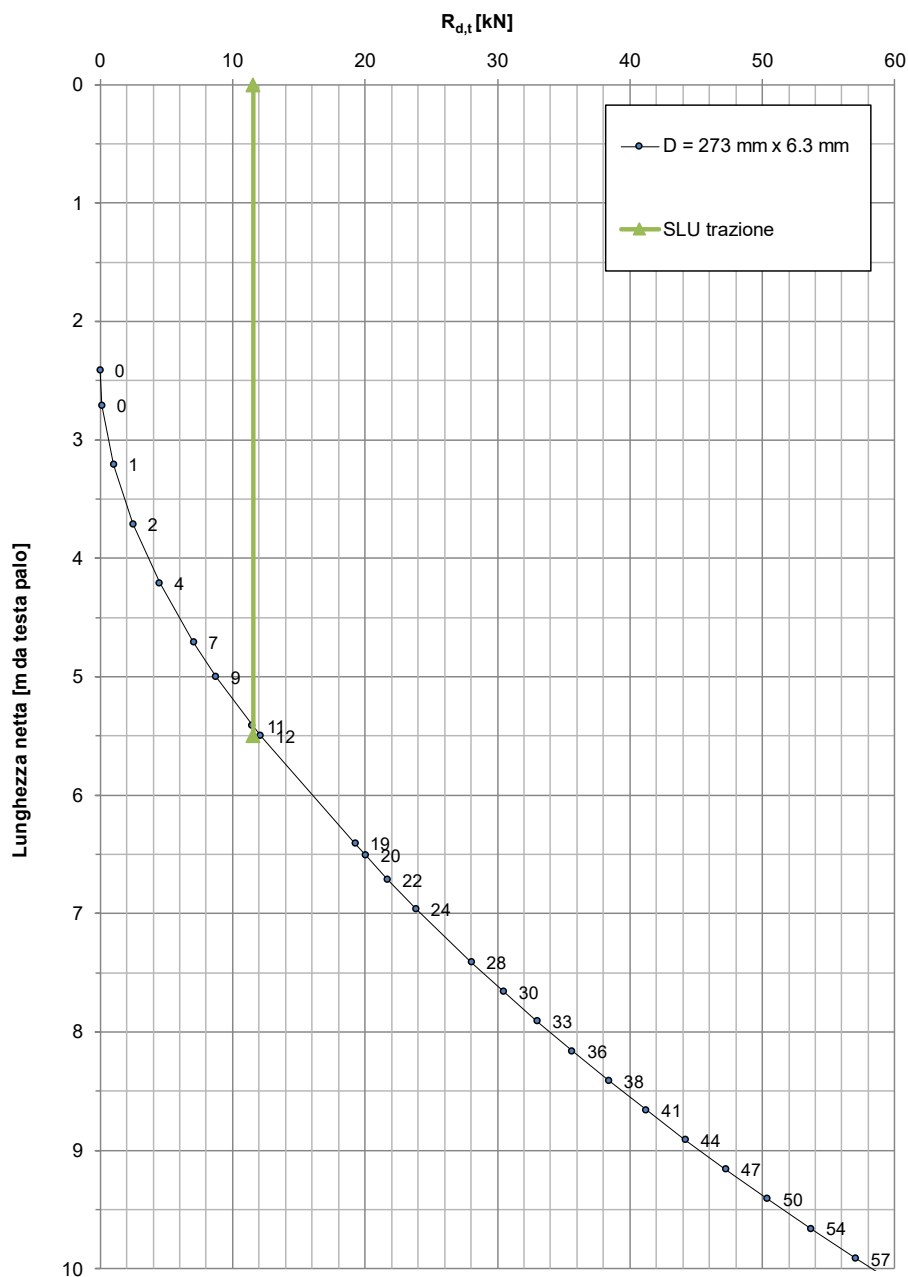


Fig. 11– Resistenza a trazione (NTC2018)



## 2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA

### PREMESSA

La presente relazione definisce i criteri di calcolo necessari alla progettazione della struttura di fondazione dei locali Cabina di Interfaccia 36KV, Cabina di trasformazione BT/AT, Cabina Idrogeno 36kV e Cabina Idrogeno 20kV.

Nella figura seguente si riporta il layout:

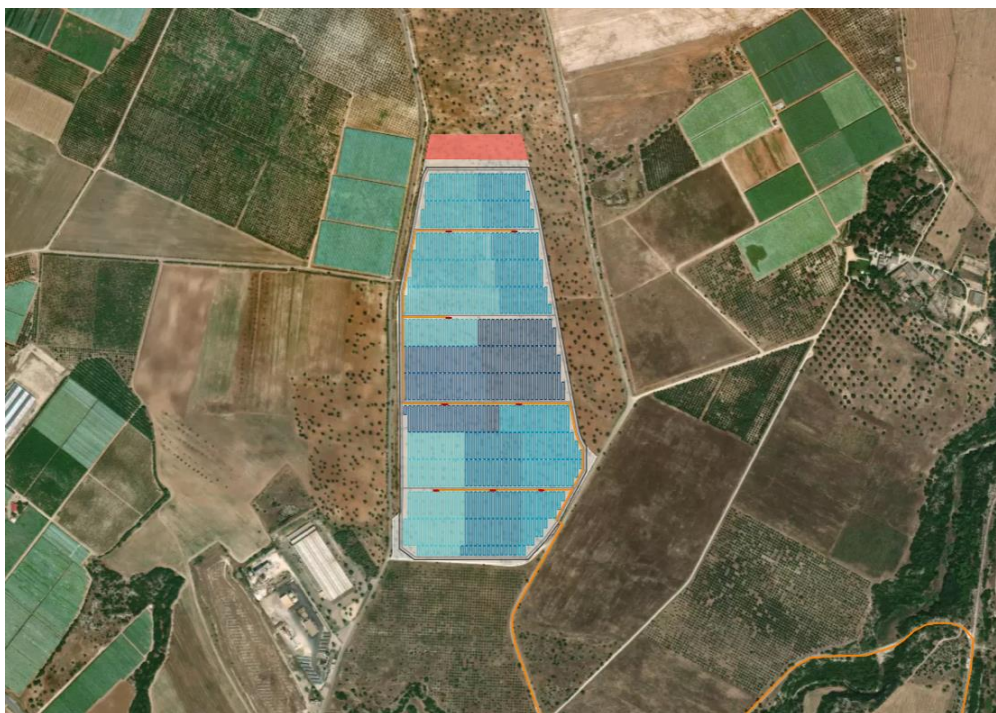


FIG. 12 - Layout d'impianto

### INTRODUZIONE

La fondazione in esame è costituita da: Cabina di trasformazione BT\_AT di dimensioni pari a 13,4mx3,50m di spessore pari a 30cm; Cabina di interfaccia 36kV poggia su una platea di fondazione di dimensioni pari a 17,50mx5,0m con uno spessore pari a 30cm; Cabina Idrogeno 36kV di dimensioni pari a 5,0x4,0m di spessore pari a 30cm; infine, la cabina Idrogeno 20kV poggia su una platea 7.80mx3.8m con uno spessore pari a 30cm.

L'analisi statica della fondazione in oggetto è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti (Robot Structural Analysis Professional 2022 di Autodesk), che fornisce in output le caratteristiche di sollecitazione interne alla platea di fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito in accordo alla Normativa vigente (D.M. 17/01/2018) con le seguenti assunzioni:

- l'intervento in oggetto è classificabile fra quelli di "nuova costruzione" ai sensi del D.M. 17/01/2018;
- Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi strutturale del comportamento dell'intera opera eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;
- Le strutture delle fondazioni devono essere progettate per le azioni definite sulla struttura in elevazione alla quale sono applicate le pertinenti combinazioni delle azioni.
- al precedente punto, assumendo un comportamento non dissipativo; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.

Per il calcolo della fondazione è stata effettuata una analisi statica lineare in accordo al D.M. 17/01/2018 applicando al top dei pedestal le azioni derivanti dalla sovrastruttura, considerando la struttura di tipo non dissipativo.

Il progetto strutturale è stato condotto considerando le condizioni:

- Stati Limite di Servizio (SLE) ai fini della verifica delle tensioni di esercizio e della fessurazione;

- Per quanto riguarda le verifiche di resistenza di elementi strutturali e le verifiche a rottura del terreno si considerano le combinazioni statiche SLU e per le combinazioni sismiche solamente quelle allo SLV (riferimento alla tabella 7.3.III sotto riportata).

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche in DUT (duttività) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

## NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La progettazione andrà eseguita in accordo con la normativa attualmente vigente.

Le seguenti normative italiane saranno applicate:

- D.M. 17 Gennaio 2018 - “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP- “Istruzione per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 31 Luglio 2012 “Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici”
- Legge 05.11.1971, n.1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Legge 02.02.1974 N. 64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”
- D.M. 16-02-2007 “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere di costruzione”
- D.M. 09-03-2007 “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del corpo nazionale dei vigili del fuoco”.
- UNI EN 1990 “EUROCODICE 0 – Criteri generali di progettazione strutturale”
- UNI EN 1991 “EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture”
- UNI EN 1992 “EUROCODICE 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 1997 “EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica”
- UNI EN 1998 “EUROCODICE 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”

### Cemento armato:

- UNI EN 206 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206”
- UNI 11417 “Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 12350 “Prova sul calcestruzzo fresco”
- UNI EN 12390 “Prove sul calcestruzzo indurito”
- UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”

- UNI EN 197 “Cemento”
- UNI EN 480 “Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova”
- UNI EN 932 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”
- UNI EN 933 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati”
- UNI EN 1008 “Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo”
- UNI EN 1097 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati”
- UNI EN 1744 “Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati”
- UNI CEN/TS 1992 “Progettazione di attacchi da utilizzare nel calcestruzzo”
- UNI EN 10080 “Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile - Generalità”
- UNI EN 13055 “Aggregati leggeri - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione”

## MATERIALI

### Calcestruzzo

#### Calcestruzzo magro di sottofondazione:

classe di resistenza C12/15 (caratteristica cubica a compressione a 28 gg.  $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$ )

#### Calcestruzzo in opera per strutture di fondazione:

Per le opere oggetto della presente relazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C25/30 avente resistenza cubica caratteristica:

$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$  e  $f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$  ( $f_{cd} = 0,85 \cdot 0,83 \cdot 30 / 1,5 = 14,17 \text{ N/mm}^2$ ).

Tipo cemento:	32.5R II (UNI EN 197/1)
Classe di esposizione (UNI 11104):	XC2
Dim max aggregati:	25 mm
Rapporto Acqua/Cemento	$\leq 0,6$
Minimo contenuto in cemento	$\geq 280 \text{ kg/m}^2$
Classe di consistenza	$\geq S4$
Copriferro (fondazioni)	50 mm

### Acciaio per cemento armato

Per le strutture in cemento armato devono essere utilizzati i seguenti tipi di acciaio in accordo alle NTC2018 par. 7.4.2.2 e 11.3.2.1:

Barre ad aderenza migliorata e Rete Elettrosaldata

Acciaio tipo B450C: tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

$1,15 < (f_t/f_y)_k < 1,35$ ;

$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k \leq 1,25$ ;

Le giunzioni delle barre con saldatura non sono permesse

## CARICHI ELEMENTARI

Nella tabella seguente sono indicate le condizioni di carico considerate nel modello di calcolo:

### LISTA CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Caso	Etichetta	Nome	Natura
1	G1	G1	Permanenti
2	G2	G2	Perm.Non-str.
3	Q	Q	Categoria E
4	N	N	Neve H<1000
5	Vx+	Vx+	Vento
6	Vx-	Vx-	Vento
7	Vy+	Vy+	Vento
8	Vy-	Vy-	Vento
9	T	T	Termiche
10	SLD X	SLD X	Sismiche
11	SLV X	SLV X	Sismiche
12	SLD Y	SLD Y	Sismiche
13	SLV Y	SLV Y	Sismiche

## CARICHI CABINATI

Per poter effettuare il dimensionamento della fondazione dei locali BT/AT, Cabina Idrogeno 36kV, Cabina Idrogeno 20kV e della Cabina di Interfaccia., si è reso necessario valutare le azioni gravanti sulla sovrastruttura.

### Peso Proprio Struttura (G1)

Peso proprio derivante dalla struttura in elevazione e del peso proprio della fondazione.

### Carichi permanenti non strutturali (G2)

Per i pannelli di tamponamento si considerano pannelli sandwich del seguente peso:

- Pannelli  $g_p = 0.50 \text{ kN/m}^2$

### Carichi variabili di esercizio su copertura (Q)

Sulla copertura dell'edificio si considera un carico variabile di esercizio relativo alla cat.H (copertura accessibile per sola manutenzione e riparazione):

- Carico variabile in esercizio cat. H:  $Q = 0.50 \text{ kN/m}^2$

### Carico della neve (N)

Il carico neve è stato determinato in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/18, precisamente:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

L'azione della neve è definita considerando i seguenti parametri del sito:

Zona di carico della neve III

$$q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

### Carico del vento (Vx/Vy)

Il carico vento è stato determinato in accordo a quanto previsto dal Cap.3.3 del D.M. 17/01/18, assumendo per il sito in esame i seguenti parametri:

La velocità di progetto del vento è stata determinata in accordo alle D.M. 17/01/18, sono stati considerati i seguenti parametri:

Comune: Statte (TA)

Regione: Puglia

Zona: 3 ( $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$ ,  $a_0 = 500 \text{ m}$ ,  $k_s = 0.37$ ).

$$V_b = v_{b,0} \cdot C_a$$

Ove:

$C_a = 1$  per  $a_s < a_0$

$$C_a = 1 + k_s [(a_s / a_0) - 1] \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Classe rugosità terreno: D (Area priva di ostacoli).

Altitudine:  $a_s = 138 \text{ m s.l.m.}$  <  $a_0 = 500 \text{ m}$

Categoria esposizione II ( $k_r = 0.19$ ,  $z_0 = 0.05 \text{ m}$ ,  $z_{min} = 4.0 \text{ m}$ )

Velocità di riferimento  $v_r = v_b \cdot C_r = 27.0 \text{ m/s}$  (  $T_r=50 \text{ anni} \Rightarrow C_r=1$  )

Pressione cinetica di riferimento  $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 456 \text{ N/m}^2$

Coefficiente di esposizione:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{if } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{if } z < z_{\min}$$

$c_t = 1$  coefficiente di topografia

**Coefficiente di esposizione minimo  $C_{e,\min}$  1.800  $Z \leq 4\text{m}$**

$c_e = 1.800$  (per zcolmo = 4.0 m)  $q = q_b \cdot c_e = 456 \cdot 1.800 = 821 \text{ N/m}^2 = 0.83 \text{ kN/m}^2$

Per i coefficienti di pressione esterni si fa riferimento alla circolare 21/01/2019 delle NTC2018

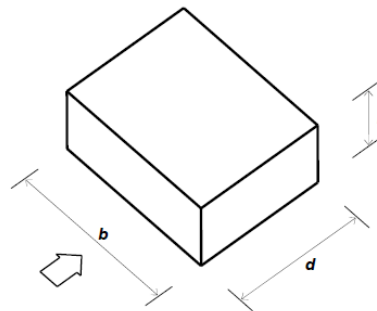


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

Tabella G.I – Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali.

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

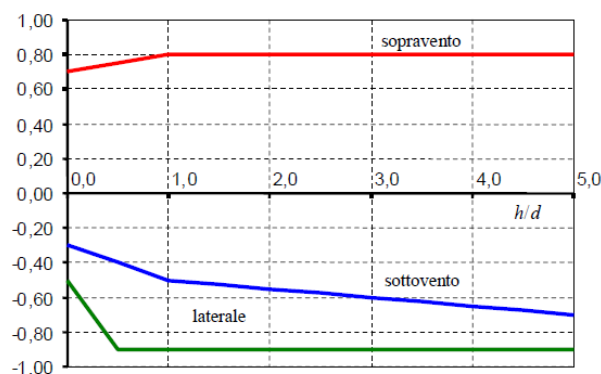


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali.

### Variazione termica (T)

In accordo al D.M. 17/01/18, nel calcolo della struttura in oggetto è stata considerata una variazione termica per strutture in carpenteria metallica esposte pari a:

$\Delta T = \pm 25^\circ$

**Carichi Sismici**

Il Comune di Statte (TA) è classificato a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che si verifichi in un certo intervallo temporale un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato.

Il lasso di tempo in questione è il “VR” che, associato alla “probabilità di superamento nel periodo di riferimento” PVR, determina il periodo di ritorno TR del sisma. Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

$T_R = V_R$  stato limite di danno (SLD)  
 $T_R = 9.50 \cdot V_R$  stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

La vita di riferimento dell’opera si calcola dal prodotto tra la vita nominale VN, da intendersi pari al numero di anni durante i quali deve essere usata, pur con la necessaria manutenzione ordinaria, per gli scopi previsti, ed il coefficiente d’uso CU che traduce la destinazione d’uso dell’opera quantificandone l’importanza/pericolosità.

Si riportano di seguito i dati sismici del sito in oggetto.

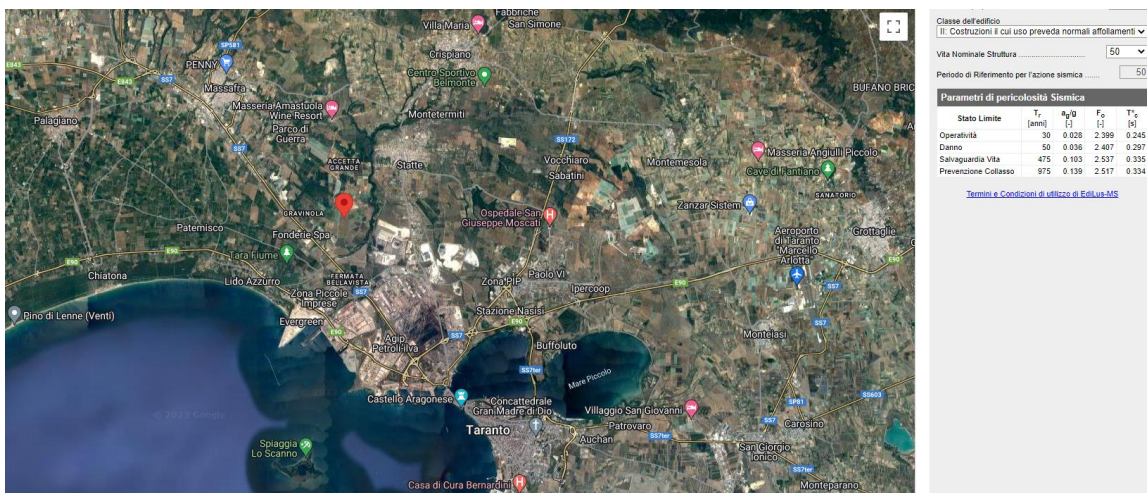
Per la struttura qui esaminata si è assunto:

VN = 50 anni

CU = 1, corrispondente alla classe d’uso II definita dalla Norma

La VR risulta di conseguenza pari a 50 anni ed i periodi di riferimento del sisma diventano:

- TR = 30 anni stato limite di operatività (SLO)
- TR = 50 anni stato limite di danno (SLD)
- TR = 475 anni stato limite di salvaguardia della vita (SLV)
- TR = 975 anni stato limite di collasso (SLC)



Fissato il sito di interesse presso il Comune di Statte (TA), i valori di riferimento per il calcolo dell’azione sismica sono riportati nelle tabelle sottostanti.

Parametri di pericolosità Sismica				
	Tr	ag	Fo	T*c
"Stato Limite"	[anni]	[g]	[-]	[s]

Operatività	30	0,028	2,399	0,245
Danno	50	0,036	2,407	0,297
Salvaguardia Vita	475	0,103	2,537	0,335
Prevenzione Collasso	975	0,139	2,517	0,334

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

Dove:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

$a_g$ : Accelerazione orizzontale massima al sito;

$S$ : Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche  $S = S_S \times S_T$  ;

$S_S$ : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

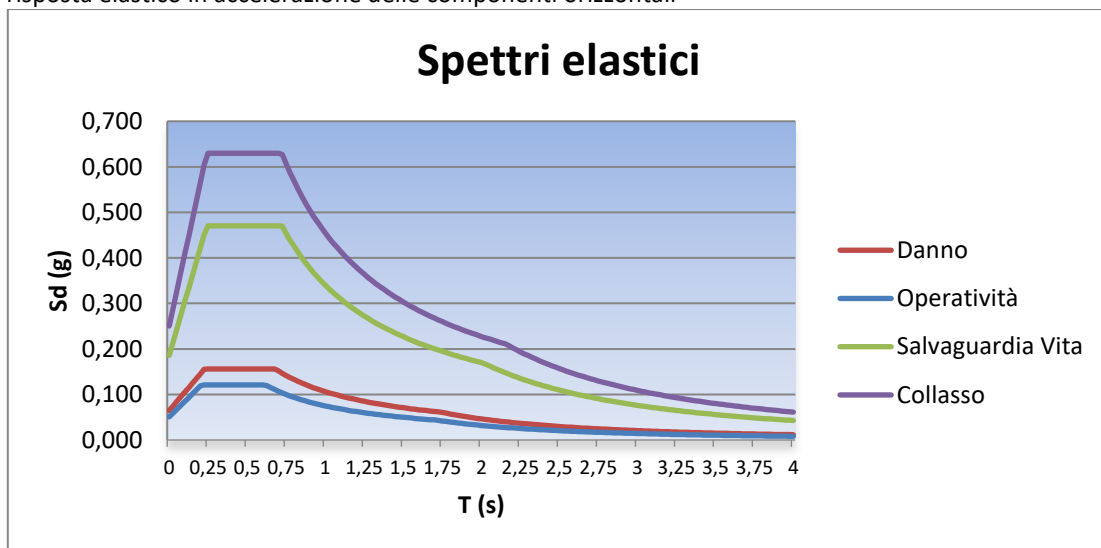
$S_T$ : Coefficiente di amplificazione topografica;

$\eta$ : Damping;

$F_0$ : Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido;

$T_B, T_C^*, T_C, T_D$ . periodi caratteristici dello spettro in funzione della categoria di sottosuolo

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



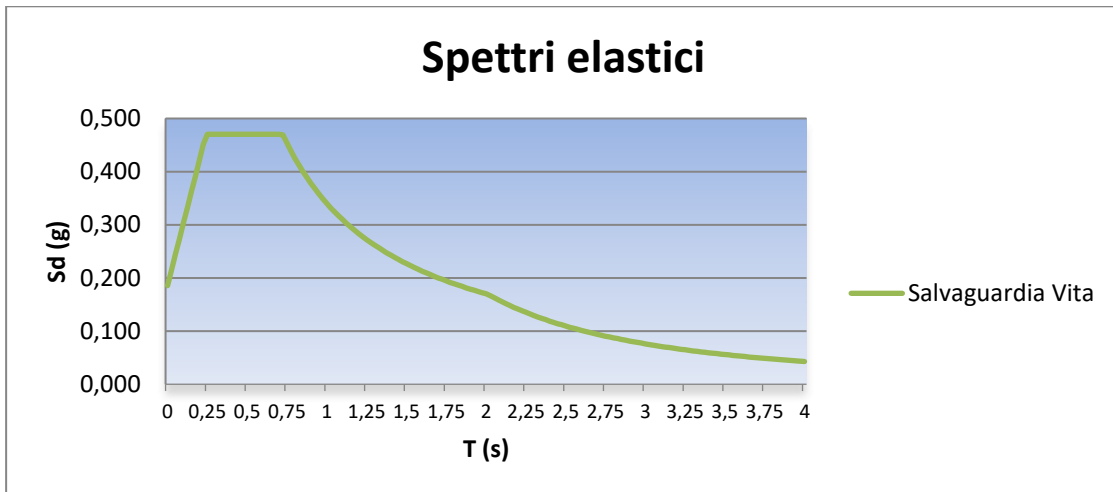
Considerando la tabella seguente per la classificazione stratigrafica e topografica del sito

Categoria di profilo stratigrafico	D
Categoria Topografica:	T1

Stato limite di Salvaguardia della vita (SLV)

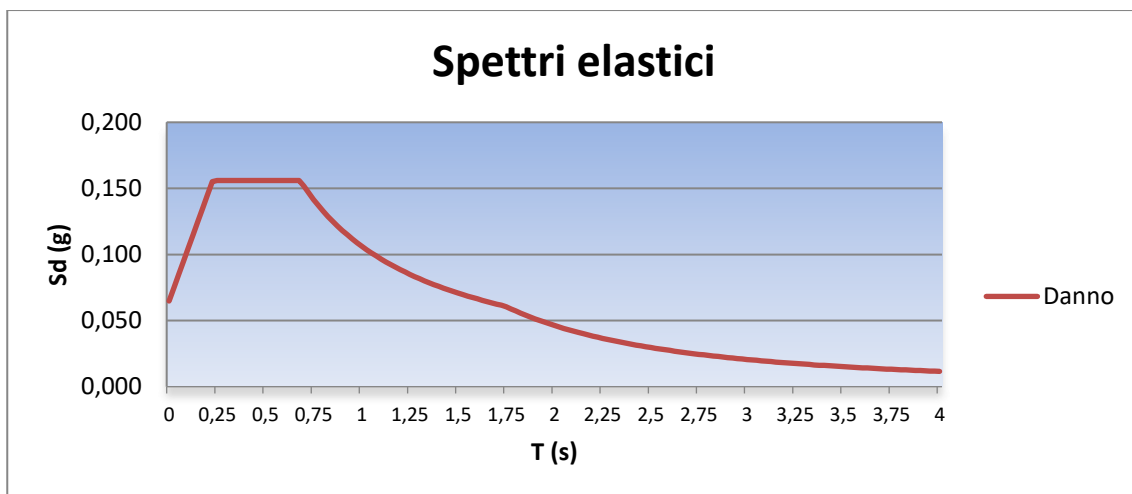
ORIZZONTALE					
$S_s$	$C_c$	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
1,80	2,16	1,80	0,241	0,723	2,012





Stato limite di Danno (SLD)

ORIZZONTALE					
Ss	Cc	S	TB	TC	TD
1,80	2,29	1,80	0,227	0,681	1,744



Le verifiche, nei confronti degli stati limite sismici, sono state condotte assumendo un fattore di struttura  $q=1$

#### COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE DELLE MASSE

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

Peso proprio (G1)	1
Permanenti Non strutturali (G2)	1
Variabili (Q)	0.8

Ai fini della progettazione della fondazione, i carichi ottenuti dal calcolo della struttura in elevazione per le condizioni sismiche sono stati applicati come forze nodali alla base delle colonne.

REAZIONI VINCOLARI CABINA DI INTERFACCIA

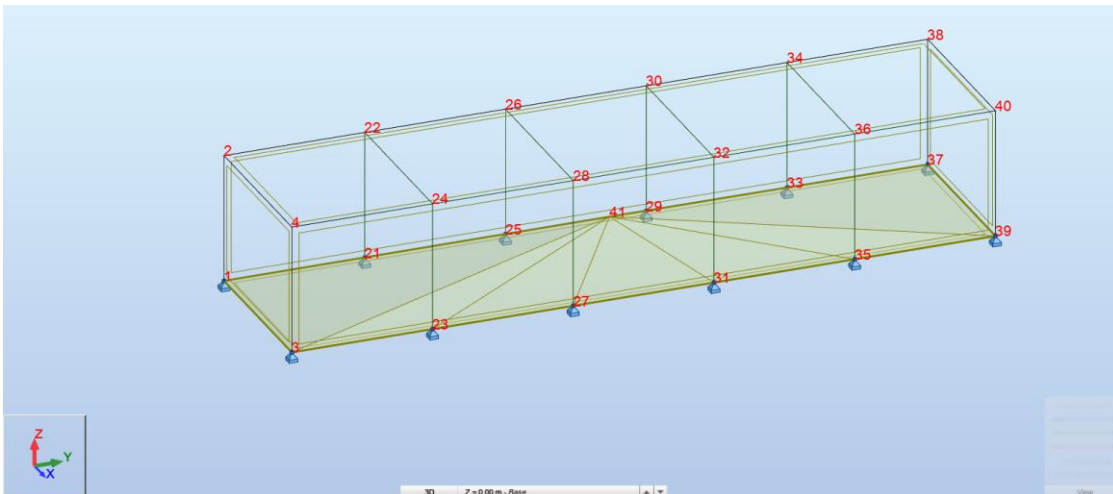


Fig. 13 – Nodi Cabina di interfaccia

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	0,0	0,0	3,00	
3	4,00	0,0	0,0	Cerniera
4	4,00	0,0	3,00	
21	0,0	3,29	0,0	Cerniera
22	0,0	3,29	3,00	
23	4,00	3,29	0,0	Cerniera
24	4,00	3,29	3,00	
25	0,0	6,58	0,0	Cerniera
26	0,0	6,58	3,00	
27	4,00	6,58	0,0	Cerniera
28	4,00	6,58	3,00	
29	0,0	9,87	0,0	Cerniera
30	0,0	9,87	3,00	
31	4,00	9,87	0,0	Cerniera
32	4,00	9,87	3,00	
33	0,0	13,16	0,0	Cerniera
34	0,0	13,16	3,00	
35	4,00	13,16	0,0	Cerniera
36	4,00	13,16	3,00	
37	0,0	16,45	0,0	Cerniera
38	0,0	16,45	3,00	
39	4,00	16,45	0,0	Cerniera
40	4,00	16,45	3,00	
41	2,00	8,22	1,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,12	0,07	68,82
1/ 2	0,38	0,11	1,55
1/ 3	0,0	0,0	6,58
1/ 4	0,45	0,14	1,86
1/ 5	-5,72	-0,09	-5,62
1/ 6	6,03	-0,09	3,81

1/ 7	-0,30	-5,06	-3,56
1/ 8	-0,30	4,00	1,14
1/ 9	0,60	2,03	1,27
1/ 10	-10,41	0,00	-5,20
1/ 11	-31,37	0,00	-15,67
1/ 12	0,00	-10,40	-2,71
1/ 13	0,00	-31,33	-8,16
3/ 1	-0,12	0,07	68,82
3/ 2	-0,38	0,11	1,55
3/ 3	0,0	0,0	6,58
3/ 4	-0,45	0,14	1,86
3/ 5	-4,31	-0,09	3,14
3/ 6	7,45	-0,09	-6,29
3/ 7	0,30	-5,06	-3,56
3/ 8	0,30	4,00	1,14
3/ 9	-0,60	2,03	1,27
3/ 10	-10,41	-0,00	5,20
3/ 11	-31,37	-0,00	15,67
3/ 12	0,00	-10,40	-2,71
3/ 13	0,00	-31,33	-8,16
21/ 1	0,12	-0,01	69,40
21/ 2	0,75	-0,02	3,40
21/ 3	0,0	0,0	13,16
21/ 4	0,90	-0,02	4,08
21/ 5	-6,94	0,02	-7,18
21/ 6	4,21	0,02	2,20
21/ 7	-0,60	-4,33	-3,19
21/ 8	-0,60	4,37	-2,32
21/ 9	0,60	1,60	-0,92
21/ 10	-10,41	0,00	-5,20
21/ 11	-31,36	0,00	-15,67
21/ 12	-0,00	-10,40	-1,63
21/ 13	-0,00	-31,33	-4,90
23/ 1	-0,12	-0,01	69,40
23/ 2	-0,75	-0,02	3,40
23/ 3	0,0	0,0	13,16
23/ 4	-0,90	-0,02	4,08
23/ 5	-4,11	0,02	1,74
23/ 6	7,04	0,02	-7,64
23/ 7	0,60	-4,33	-3,19
23/ 8	0,60	4,37	-2,32
23/ 9	-0,60	1,60	-0,92
23/ 10	-10,41	-0,00	5,20
23/ 11	-31,36	-0,00	15,67
23/ 12	-0,00	-10,40	-1,63
23/ 13	-0,00	-31,33	-4,90
25/ 1	0,12	0,00	69,29
25/ 2	0,75	0,00	3,27
25/ 3	0,0	0,0	13,16
25/ 4	0,90	0,00	3,93
25/ 5	-6,84	-0,00	-7,05
25/ 6	3,99	-0,00	2,23
25/ 7	-0,60	-4,29	-2,92
25/ 8	-0,60	4,28	-2,30

25/ 9	0,60	0,48	-0,36
25/ 10	-10,40	0,00	-5,20
25/ 11	-31,34	0,00	-15,67
25/ 12	-0,00	-10,40	-0,54
25/ 13	-0,00	-31,33	-1,63
27/ 1	-0,12	0,00	69,29
27/ 2	-0,75	0,00	3,27
27/ 3	0,0	0,0	13,16
27/ 4	-0,90	0,00	3,93
27/ 5	-4,02	-0,00	1,81
27/ 6	6,82	-0,00	-7,47
27/ 7	0,60	-4,29	-2,92
27/ 8	0,60	4,28	-2,30
27/ 9	-0,60	0,48	-0,36
27/ 10	-10,40	-0,00	5,20
27/ 11	-31,34	-0,00	15,67
27/ 12	-0,00	-10,40	-0,54
27/ 13	-0,00	-31,33	-1,63
29/ 1	0,12	-0,00	69,26
29/ 2	0,75	-0,00	3,27
29/ 3	0,0	0,0	13,16
29/ 4	0,90	-0,00	3,93
29/ 5	-6,84	0,00	-7,05
29/ 6	3,99	0,00	2,23
29/ 7	-0,60	-4,28	-2,30
29/ 8	-0,60	4,29	-2,92
29/ 9	0,60	-0,48	-0,36
29/ 10	-10,40	0,00	-5,20
29/ 11	-31,33	0,00	-15,67
29/ 12	0,00	-10,40	0,54
29/ 13	0,00	-31,33	1,63
31/ 1	-0,12	-0,00	69,26
31/ 2	-0,75	-0,00	3,27
31/ 3	0,0	0,0	13,16
31/ 4	-0,90	-0,00	3,93
31/ 5	-4,02	0,00	1,81
31/ 6	6,82	0,00	-7,47
31/ 7	0,60	-4,28	-2,30
31/ 8	0,60	4,29	-2,92
31/ 9	-0,60	-0,48	-0,36
31/ 10	-10,40	-0,00	5,20
31/ 11	-31,33	-0,00	15,67
31/ 12	0,00	-10,40	0,54
31/ 13	0,00	-31,33	1,63
33/ 1	0,12	0,01	69,30
33/ 2	0,75	0,02	3,40
33/ 3	0,0	0,0	13,16
33/ 4	0,90	0,02	4,08
33/ 5	-6,94	-0,02	-7,18
33/ 6	4,21	-0,02	2,20
33/ 7	-0,60	-4,37	-2,32
33/ 8	-0,60	4,33	-3,19
33/ 9	0,60	-1,60	-0,92
33/ 10	-10,39	0,00	-5,20

33/ 11	-31,31	0,00	-15,67
33/ 12	0,00	-10,40	1,63
33/ 13	0,00	-31,33	4,90
35/ 1	-0,12	0,01	69,30
35/ 2	-0,75	0,02	3,40
35/ 3	0,0	0,0	13,16
35/ 4	-0,90	0,02	4,08
35/ 5	-4,11	-0,02	1,74
35/ 6	7,04	-0,02	-7,64
35/ 7	0,60	-4,37	-2,32
35/ 8	0,60	4,33	-3,19
35/ 9	-0,60	-1,60	-0,92
35/ 10	-10,39	-0,00	5,20
35/ 11	-31,31	-0,00	15,67
35/ 12	0,00	-10,40	1,63
35/ 13	0,00	-31,33	4,90
37/ 1	0,12	-0,07	68,65
37/ 2	0,38	-0,11	1,55
37/ 3	0,0	0,0	6,58
37/ 4	0,45	-0,14	1,86
37/ 5	-5,72	0,09	-5,62
37/ 6	6,03	0,09	3,81
37/ 7	-0,30	-4,00	1,14
37/ 8	-0,30	5,06	-3,56
37/ 9	0,60	-2,03	1,27
37/ 10	-10,39	0,00	-5,20
37/ 11	-31,29	0,00	-15,67
37/ 12	-0,00	-10,40	2,71
37/ 13	-0,00	-31,33	8,16
39/ 1	-0,12	-0,07	68,65
39/ 2	-0,38	-0,11	1,55
39/ 3	0,0	0,0	6,58
39/ 4	-0,45	-0,14	1,86
39/ 5	-4,31	0,09	3,14
39/ 6	7,45	0,09	-6,29
39/ 7	0,30	-4,00	1,14
39/ 8	0,30	5,06	-3,56
39/ 9	-0,60	-2,03	1,27
39/ 10	-10,39	-0,00	5,20
39/ 11	-31,29	-0,00	15,67
39/ 12	-0,00	-10,40	2,71
39/ 13	-0,00	-31,33	8,16

REAZIONI VINCOLARI SISTEMA CABINA DI TRASFORMAZIONE BT-AT

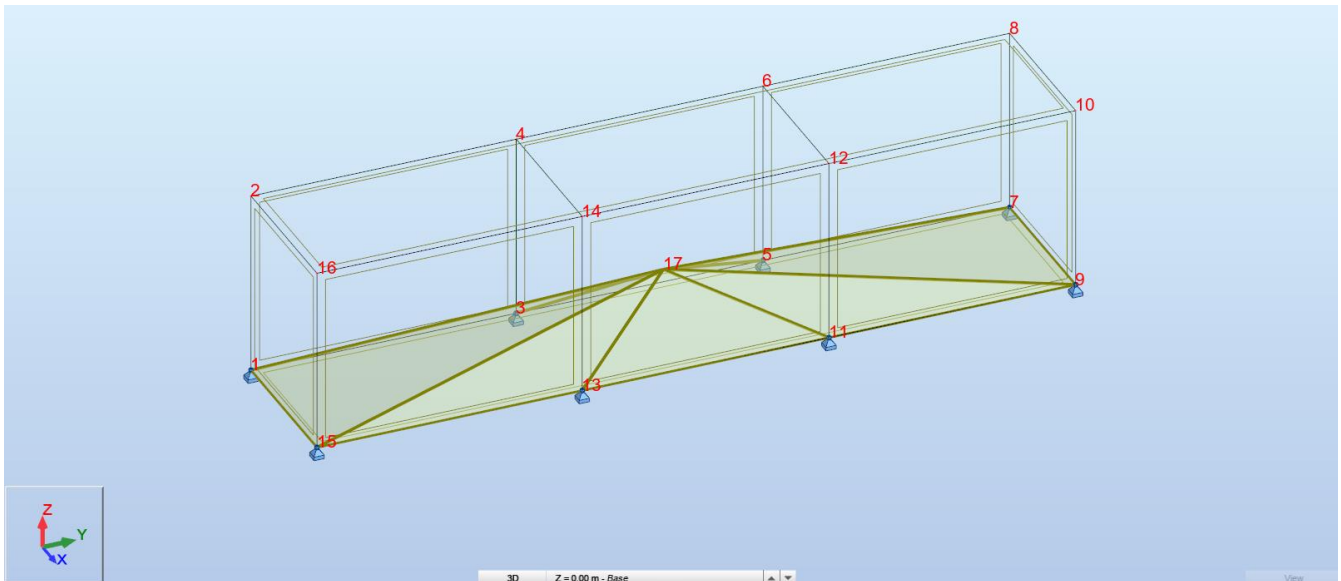


Fig. 14 – Nodi Cabina BT-AT

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	0,0	0,0	3,00	
3	0,0	4,30	0,0	Cerniera
4	0,0	4,30	3,00	
5	0,0	8,30	0,0	Cerniera
6	0,0	8,30	3,00	
7	0,0	12,30	0,0	Cerniera
8	0,0	12,30	3,00	
9	2,50	12,30	0,0	Cerniera
10	2,50	12,30	3,00	
11	2,50	8,30	0,0	Cerniera
12	2,50	8,30	3,00	
13	2,50	4,30	0,0	Cerniera
14	2,50	4,30	3,00	
15	2,50	0,0	0,0	Cerniera
16	2,50	0,0	3,00	
17	1,25	6,15	1,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,05	0,13	2,07
1/ 2	0,09	0,23	20,41
1/ 3	0,0	0,0	5,38
1/ 4	0,11	0,28	1,49
1/ 5	-6,00	-0,19	-10,51
1/ 6	5,85	-0,18	8,53
1/ 7	-0,07	-5,05	-3,63
1/ 8	-0,07	4,68	1,65
1/ 9	0,41	1,41	0,60
1/ 10	-2,99	0,00	-2,34

1/ 11	-9,00	0,01	-7,05
1/ 12	0,00	-2,92	-0,87
1/ 13	0,00	-8,81	-2,62
3/ 1	0,05	-0,04	2,79
3/ 2	0,18	-0,07	21,59
3/ 3	0,0	0,0	10,37
3/ 4	0,22	-0,09	3,26
3/ 5	-8,97	0,05	-12,69
3/ 6	8,68	0,06	8,34
3/ 7	-0,15	-5,10	-2,48
3/ 8	-0,15	5,22	-1,86
3/ 9	0,41	0,67	-0,60
3/ 10	-2,94	0,00	-2,34
3/ 11	-8,87	0,01	-7,05
3/ 12	-0,00	-2,93	-0,27
3/ 13	-0,00	-8,81	-0,81
5/ 1	0,05	0,02	2,73
5/ 2	0,18	0,04	21,20
5/ 3	0,0	0,0	10,00
5/ 4	0,22	0,04	3,10
5/ 5	-8,61	-0,03	-12,41
5/ 6	8,31	-0,03	8,27
5/ 7	-0,15	-5,16	-1,83
5/ 8	-0,15	5,10	-2,31
5/ 9	0,41	-0,69	-0,64
5/ 10	-2,90	0,00	-2,34
5/ 11	-8,75	0,01	-7,05
5/ 12	0,00	-2,93	0,29
5/ 13	0,00	-8,81	0,87
7/ 1	0,05	-0,11	2,03
7/ 2	0,09	-0,19	19,49
7/ 3	0,0	0,0	5,00
7/ 4	0,11	-0,23	1,38
7/ 5	-5,69	0,16	-10,30
7/ 6	5,55	0,15	8,46
7/ 7	-0,07	-4,70	1,79
7/ 8	-0,07	5,01	-3,64
7/ 9	0,41	-1,39	0,64
7/ 10	-2,86	0,00	-2,34
7/ 11	-8,63	0,01	-7,05
7/ 12	-0,00	-2,92	0,85
7/ 13	-0,00	-8,81	2,56
9/ 1	-0,05	-0,11	2,03
9/ 2	-0,09	-0,19	19,49
9/ 3	0,0	0,0	5,00
9/ 4	-0,11	-0,23	1,38
9/ 5	-5,55	0,15	8,46
9/ 6	5,69	0,16	-10,30
9/ 7	0,07	-4,70	1,79
9/ 8	0,07	5,01	-3,64
9/ 9	-0,41	-1,39	0,64
9/ 10	-2,86	-0,00	2,34
9/ 11	-8,63	-0,01	7,05

9/ 12	-0,00	-2,92	0,85
9/ 13	-0,00	-8,81	2,56
11/ 1	-0,05	0,02	2,73
11/ 2	-0,18	0,04	21,20
11/ 3	0,0	0,0	10,00
11/ 4	-0,22	0,04	3,10
11/ 5	-8,31	-0,03	8,27
11/ 6	8,61	-0,03	-12,41
11/ 7	0,15	-5,16	-1,83
11/ 8	0,15	5,10	-2,31
11/ 9	-0,41	-0,69	-0,64
11/ 10	-2,90	-0,00	2,34
11/ 11	-8,75	-0,01	7,05
11/ 12	0,00	-2,93	0,29
11/ 13	0,00	-8,81	0,87
13/ 1	-0,05	-0,04	2,79
13/ 2	-0,18	-0,07	21,59
13/ 3	0,0	0,0	10,37
13/ 4	-0,22	-0,09	3,26
13/ 5	-8,68	0,06	8,34
13/ 6	8,97	0,05	-12,69
13/ 7	0,15	-5,10	-2,48
13/ 8	0,15	5,22	-1,86
13/ 9	-0,41	0,67	-0,60
13/ 10	-2,94	-0,00	2,34
13/ 11	-8,87	-0,01	7,05
13/ 12	-0,00	-2,93	-0,27
13/ 13	-0,00	-8,81	-0,81
15/ 1	-0,05	0,13	2,07
15/ 2	-0,09	0,23	20,41
15/ 3	0,0	0,0	5,38
15/ 4	-0,11	0,28	1,49
15/ 5	-5,85	-0,18	8,53
15/ 6	6,00	-0,19	-10,51
15/ 7	0,07	-5,05	-3,63
15/ 8	0,07	4,68	1,65
15/ 9	-0,41	1,41	0,60
15/ 10	-2,99	-0,00	2,34
15/ 11	-9,00	-0,01	7,05
15/ 12	0,00	-2,92	-0,87
15/ 13	0,00	-8,81	-2,62



**REAZIONI VINCOLARI CABINA IDROGENO 36KV**

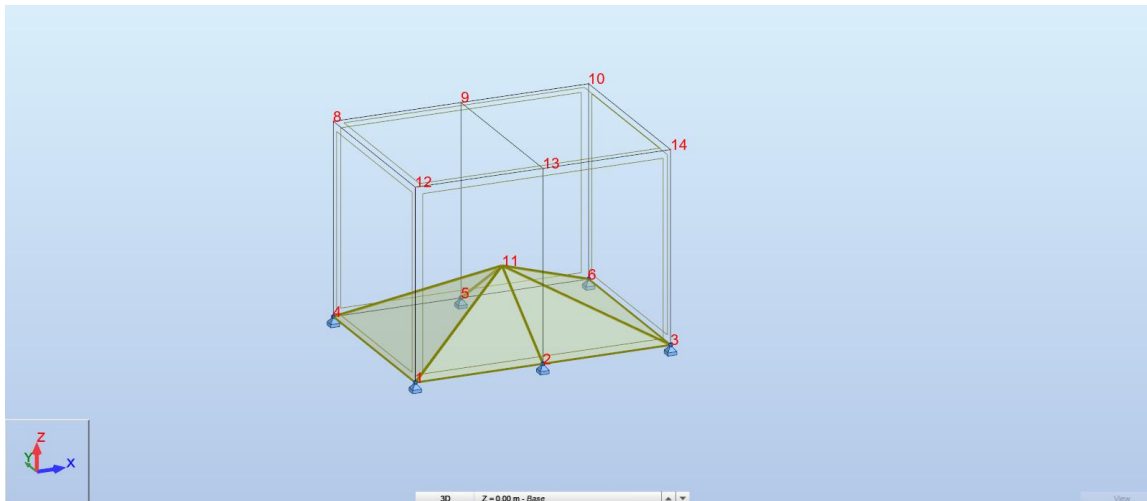


Fig. 15 – Nodi Cabina idrogeno 36KV

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	2,00	0,0	0,0	Cerniera
3	4,00	0,0	0,0	Cerniera
4	0,0	3,00	0,0	Cerniera
5	2,00	3,00	0,0	Cerniera
6	4,00	3,00	0,0	Cerniera
8	0,0	3,00	3,00	
9	2,00	3,00	3,00	
10	4,00	3,00	3,00	
11	2,00	1,50	1,00	
12	0,0	0,0	3,00	
13	2,00	0,0	3,00	
14	4,00	0,0	3,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,03	0,07	1,98
1/ 2	0,04	0,12	18,24
1/ 3	0,0	0,0	0,0
1/ 4	0,04	0,12	0,71
1/ 5	-4,02	-0,17	-6,37
1/ 6	4,64	-0,17	4,27
1/ 7	-0,06	-4,54	-5,65
1/ 8	-0,06	4,71	3,58
1/ 9	0,80	0,21	0,44
1/ 11	-3,33	-0,00	-2,50
1/ 12	-9,00	-0,00	-6,75
1/ 13	-0,00	-3,33	-2,22
1/ 14	-0,00	-9,00	-6,00
2/ 1	0,00	0,07	2,23
2/ 2	-0,00	0,25	19,03
2/ 3	0,0	0,0	0,0

2/ 4	-0,00	0,24	1,46
2/ 5	-4,70	-0,34	-2,10
2/ 6	4,70	-0,34	-2,10
2/ 7	-0,00	-3,49	-6,66
2/ 8	0,00	3,83	2,39
2/ 9	-0,00	0,21	-0,89
2/ 11	-3,33	-0,00	0,00
2/ 12	-9,00	-0,00	0,00
2/ 13	-0,00	-3,33	-2,22
2/ 14	-0,00	-9,00	-6,00
3/ 1	-0,03	0,07	1,98
3/ 2	-0,04	0,12	18,24
3/ 3	0,0	0,0	0,0
3/ 4	-0,04	0,12	0,71
3/ 5	-4,64	-0,17	4,27
3/ 6	4,02	-0,17	-6,37
3/ 7	0,06	-4,54	-5,65
3/ 8	0,06	4,71	3,58
3/ 9	-0,80	0,21	0,44
3/ 11	-3,33	0,00	2,50
3/ 12	-9,00	0,00	6,75
3/ 13	-0,00	-3,33	-2,22
3/ 14	-0,00	-9,00	-6,00
4/ 1	0,03	-0,07	1,98
4/ 2	0,04	-0,12	18,24
4/ 3	0,0	0,0	0,0
4/ 4	0,04	-0,12	0,71
4/ 5	-4,02	0,17	-6,37
4/ 6	4,64	0,17	4,27
4/ 7	-0,06	-4,71	3,58
4/ 8	-0,06	4,54	-5,65
4/ 9	0,80	-0,21	0,44
4/ 11	-3,33	-0,00	-2,50
4/ 12	-9,00	-0,00	-6,75
4/ 13	0,00	-3,33	2,22
4/ 14	0,00	-9,00	6,00
5/ 1	0,00	-0,07	2,23
5/ 2	0,00	-0,25	19,03
5/ 3	0,0	0,0	0,0
5/ 4	0,00	-0,24	1,46
5/ 5	-4,70	0,34	-2,10
5/ 6	4,70	0,34	-2,10
5/ 7	0,00	-3,83	2,39
5/ 8	-0,00	3,49	-6,66
5/ 9	-0,00	-0,21	-0,89
5/ 11	-3,33	-0,00	-0,00
5/ 12	-9,00	-0,00	-0,00
5/ 13	0,00	-3,33	2,22
5/ 14	0,00	-9,00	6,00
6/ 1	-0,03	-0,07	1,98
6/ 2	-0,04	-0,12	18,24
6/ 3	0,0	0,0	0,0
6/ 4	-0,04	-0,12	0,71

6/ 5	-4,64	0,17	4,27
6/ 6	4,02	0,17	-6,37
6/ 7	0,06	-4,71	3,58
6/ 8	0,06	4,54	-5,65
6/ 9	-0,80	-0,21	0,44
6/ 11	-3,33	0,00	2,50
6/ 12	-9,00	0,00	6,75
6/ 13	0,00	-3,33	2,22
6/ 14	0,00	-9,00	6,00

REAZIONI VINCOLARI CABINA IDROGENO 20KV

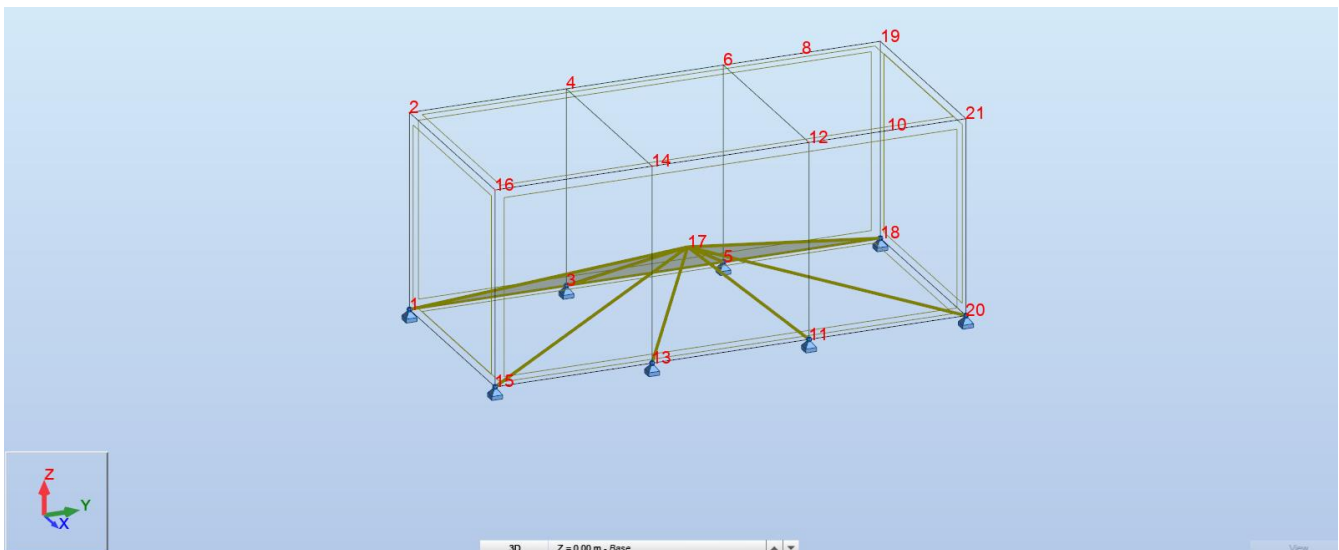


Fig. 16 – Nodi Cabina idrogeno 20KV

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
2	0,0	0,0	3,00	
3	0,0	2,40	0,0	Cerniera
4	0,0	2,40	3,00	
5	0,0	4,80	0,0	Cerniera
6	0,0	4,80	3,00	
11	3,20	4,80	0,0	Cerniera
12	3,20	4,80	3,00	
13	3,20	2,0	0,0	Cerniera
14	3,20	2,40	3,00	
15	3,20	0,0	0,0	Cerniera
16	3,20	0,0	3,00	
17	1,60	3,60	1,00	

18	0,0	7,20	0,0	Cerniera
19	0,0	7,20	3,00	
20	3,20	7,20	0,0	Cerniera
21	3,20	7,20	3,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,08	0,02	1,81
1/ 2	0,16	0,02	34,81
1/ 3	0,0	0,0	3,20
1/ 4	0,20	0,02	0,91
1/ 5	-4,13	-0,00	-4,40
1/ 6	3,86	-0,03	3,18
1/ 7	-0,13	-3,67	-3,58
1/ 8	-0,13	3,64	2,36
1/ 9	0,50	1,09	1,14
1/ 10	-5,24	0,08	-2,93
1/ 11	-15,78	0,25	-8,81
1/ 12	-0,00	-4,68	-2,63
1/ 13	-0,00	-14,10	-7,94
3/ 1	0,08	-0,01	2,20
3/ 2	0,33	-0,00	33,58
3/ 3	0,0	0,0	6,40
3/ 4	0,39	-0,01	1,97
3/ 5	-4,49	0,02	-5,13
3/ 6	3,97	-0,01	2,51
3/ 7	-0,26	-2,80	-1,91
3/ 8	-0,26	2,81	-0,72
3/ 9	0,50	0,67	-1,01
3/ 10	-4,95	0,08	-2,93
3/ 11	-14,90	0,25	-8,81
3/ 12	-0,00	-4,68	-1,26
3/ 13	-0,00	-14,10	-3,80
5/ 1	0,08	0,00	2,16
5/ 2	0,33	0,00	31,44
5/ 3	0,0	0,0	6,40
5/ 4	0,39	0,00	1,94
5/ 5	-4,40	0,01	-5,07
5/ 6	3,87	-0,01	2,48
5/ 7	-0,26	-2,77	-1,17
5/ 8	-0,26	2,77	-1,41
5/ 9	0,50	-0,03	-0,28
5/ 10	-4,66	0,08	-2,93
5/ 11	-14,03	0,25	-8,81
5/ 12	0,00	-4,68	0,11
5/ 13	0,00	-14,10	0,33
11/ 1	-0,08	0,00	2,16
11/ 2	-0,33	0,00	31,44
11/ 3	0,0	0,0	6,40
11/ 4	-0,39	0,00	1,94

11/ 5	-3,87	-0,01	2,48
11/ 6	4,40	0,01	-5,07
11/ 7	0,26	-2,77	-1,17
11/ 8	0,26	2,77	-1,41
11/ 9	-0,50	-0,03	-0,28
11/ 10	-4,66	-0,08	2,93
11/ 11	-14,03	-0,25	8,81
11/ 12	0,00	-4,68	0,11
11/ 13	0,00	-14,10	0,33
13/ 1	-0,08	-0,01	2,20
13/ 2	-0,33	-0,00	33,58
13/ 3	0,0	0,0	6,40
13/ 4	-0,39	-0,01	1,97
13/ 5	-3,97	-0,01	2,51
13/ 6	4,49	0,02	-5,13
13/ 7	0,26	-2,80	-1,91
13/ 8	0,26	2,81	-0,72
13/ 9	-0,50	0,67	-1,01
13/ 10	-4,95	-0,08	2,93
13/ 11	-14,90	-0,25	8,81
13/ 12	-0,00	-4,68	-1,26
13/ 13	-0,00	-14,10	-3,80
15/ 1	-0,08	0,02	1,81
15/ 2	-0,16	0,02	34,81
15/ 3	0,0	0,0	3,20
15/ 4	-0,20	0,02	0,91
15/ 5	-3,86	-0,03	3,18
15/ 6	4,13	-0,00	-4,40
15/ 7	0,13	-3,67	-3,58
15/ 8	0,13	3,64	2,36
15/ 9	-0,50	1,09	1,14
15/ 10	-5,24	-0,08	2,93
15/ 11	-15,78	-0,25	8,81
15/ 12	-0,00	-4,68	-2,63
15/ 13	-0,00	-14,10	-7,94
18/ 1	0,08	-0,01	1,69
18/ 2	0,11	-0,00	26,89
18/ 3	0,0	0,0	1,92
18/ 4	0,13	-0,01	0,53
18/ 5	-3,23	0,02	-4,02
18/ 6	3,05	-0,01	3,31
18/ 7	-0,09	-3,50	3,52
18/ 8	-0,09	3,50	-4,22
18/ 9	0,50	-1,00	1,87
18/ 10	-4,19	0,08	-2,92
18/ 11	-12,63	0,25	-8,81
18/ 12	0,00	-4,68	2,30
18/ 13	0,00	-14,10	6,94
20/ 1	-0,08	-0,01	1,69
20/ 2	-0,11	-0,00	26,89
20/ 3	0,0	0,0	1,92
20/ 4	-0,13	-0,01	0,53
20/ 5	-3,05	-0,01	3,31

20/ 6	3,23	0,02	-4,02
20/ 7	0,09	-3,50	3,52
20/ 8	0,09	3,50	-4,22
20/ 9	-0,50	-1,00	1,87
20/ 10	-4,19	-0,08	2,92
20/ 11	-12,63	-0,25	8,81
20/ 12	0,00	-4,68	2,30
20/ 13	0,00	-14,10	6,94

### COMBINAZIONI DI CARICO

In accordo all'NTC2018 § 6.4.2, per il progetto delle fondazioni i carichi di Progetto devono essere combinati in accordo a quanto segue:

#### Stato limite ultimo (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza sono presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Le verifiche sono effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

##### SLU di tipo geotecnico (GEO)

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

collasso per scorrimento sul piano di posa;

stabilità globale.

##### SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Tutte le verifiche, eccetto le verifiche di stabilità globale, devono essere effettuate seguendo almeno uno dei due approcci:

#### Approccio 1

Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Combinazione 2 (A2+M2+R2)

#### Approccio 2

Combinazione (A1+M1+R3)

I valori dei coefficienti parziali sono riportati nelle tabelle seguenti:

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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G3}$

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

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

## PROGRAMMA DI CALCOLO

L'analisi strutturale e le verifiche delle strutture in oggetto sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico ad elementi finiti: Robot Structural Analysis Professional 2023 di

Titolo	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023
Autore	Autodesk Inc.
Produttore	Autodesk Inc.
Fornitore	Autodesk Inc.
Versione	33.0.1.8274 (x64)
Licenza no.	563-61811595

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni. L'analisi statica è di tipo non lineare e utilizza il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. La non linearità del problema deriva dalla modellazione dell'interazione terreno-fondazione considerato di tipo elastico in compressione ma non reagente a trazione.

L'analisi strutturale è effettuata con il metodo degli elementi finiti. Nel caso specifico gli elementi monodimensionali sono stati modellati tramite l'utilizzo di elementi monodimensionali tipo "beam" mentre gli elementi bidimensionali tramite elementi "shell".

Il metodo degli elementi finiti sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi.

L'analisi strutturale è eseguita mediante analisi di rigidezza per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti Ultimi.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

La valutazione della affidabilità e idoneità del software per questo progetto è stata consentita da un esame della documentazione fornita dallo sviluppatore. Questa documentazione contiene la descrizione completa della base teorica, gli algoritmi utilizzati, l'individuazione delle aree di applicazione, test (con file di input necessari a riprodurre il processo) del tutto risolti e discussi.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, quali mesh non coerente, presenza di nodi isolati, assenza di vincoli, il non rispetto delle limitazioni geometriche, la presenza di elementi non verificati, la non convergenza del calcolo nel caso di analisi non lineare, il mancato raggiungimento dei limiti normativi, la ridondanza di oggetti modellati, etc...

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Oltre al controllo automatico condotto dal software, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti ad ulteriori controlli che ne comprovano l'attendibilità e l'accettabilità. Questi controlli, eseguiti manualmente con metodi tradizionali, consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc..

In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

Sistema di riferimento globale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023: per coordinate e spostamenti nodali e per i carichi applicati.

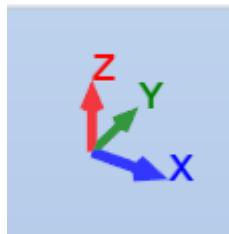
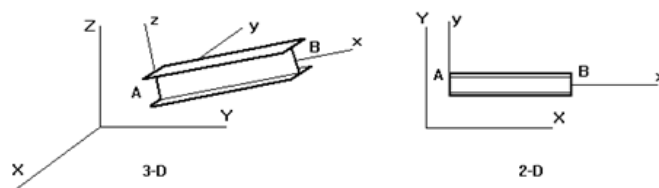


Fig. 16 – Sistema di riferimento globale modello 3d

Sistema di riferimento locale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2023: per le azioni interne.

Unità di misura utilizzate: kN, kNm



A - Beginning node, B - End node of a bar

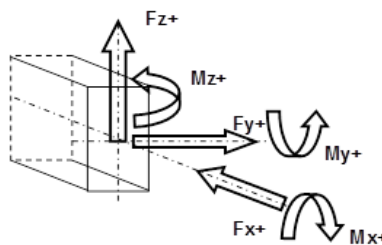


Fig. 17 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)



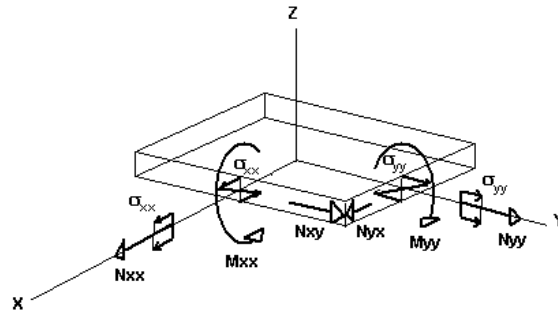


FIG. 18 – Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

## MODELLO DI CALCOLO

### FONDAZIONE CABINA DI INTERFACCIA

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2000 kN/m<sup>3</sup> e orizzontale pari a 1000 kN/m<sup>3</sup>, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 40cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

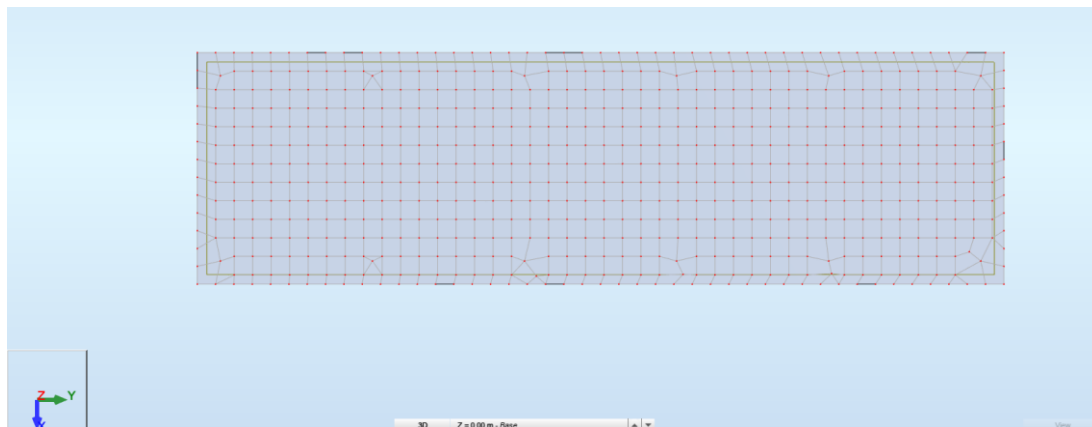


FIG. 19 – Planimetria modello di calcolo

Elementi tipo shell

Elementi tipo "shell" che rappresentano la platea di fondazione: TH = 30 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

- Carichi nodali derivanti dall'analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

### COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,35
2	-0,10	0,30	0,0
3	4,00	0,0	0,35

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
219	1,50	6,30	0,0
220	1,50	6,70	0,0
221	1,50	7,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
436	3,50	7,10	0,0
437	3,50	7,50	0,0
438	3,50	7,90	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
4	0,30	0,30	0,0
5	0,30	0,70	0,0
6	-0,10	0,70	0,0
7	0,30	1,10	0,0
8	-0,10	1,10	0,0
9	0,30	1,50	0,0
10	-0,10	1,50	0,0
11	0,30	1,90	0,0
12	-0,10	1,90	0,0
13	0,30	2,30	0,0
14	-0,10	2,30	0,0
15	0,30	2,70	0,0
16	-0,10	2,70	0,0
17	0,30	3,10	0,0
18	-0,10	3,10	0,0
19	-0,10	3,50	0,0
20	0,30	3,50	0,0
21	0,0	3,29	0,35
22	0,30	3,90	0,0
23	4,00	3,29	0,35
24	-0,10	3,90	0,0
25	0,0	6,58	0,35
26	0,30	4,30	0,0
27	4,00	6,58	0,35
28	-0,10	4,30	0,0
29	0,0	9,87	0,35
30	0,30	4,70	0,0
31	4,00	9,87	0,35
32	-0,10	4,70	0,0
33	0,0	13,16	0,35
34	0,30	5,10	0,0
35	4,00	13,16	0,35
36	-0,10	5,10	0,0
37	0,0	16,45	0,35
38	0,30	5,50	0,0
39	4,00	16,45	0,35
40	0,0	0,0	0,15
41	4,00	0,0	0,15
42	0,0	3,29	0,15
43	4,00	3,29	0,15
44	0,0	6,58	0,15
45	4,00	6,58	0,15
46	0,0	9,87	0,15
47	4,00	9,87	0,15
48	0,0	13,16	0,15
49	4,00	13,16	0,15
50	0,0	16,45	0,15
51	4,00	16,45	0,15
52	0,0	0,0	0,0
53	4,00	0,0	0,0
54	0,0	3,29	0,0
55	4,00	3,29	0,0
56	0,0	6,58	0,0
57	4,00	6,58	0,0
58	0,0	9,87	0,0
59	4,00	9,87	0,0
60	0,0	13,16	0,0
61	4,00	13,16	0,0
62	0,0	16,45	0,0
63	4,00	16,45	0,0
64	-0,10	5,50	0,0
65	0,30	5,90	0,0
66	-0,10	5,90	0,0
67	0,30	6,30	0,0
68	-0,10	6,30	0,0
69	-0,10	7,10	0,0
70	0,30	7,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
222	1,50	7,50	0,0
223	1,50	7,90	0,0
224	1,50	8,30	0,0
225	1,50	8,70	0,0
226	1,50	9,10	0,0
227	1,50	9,50	0,0
228	1,50	9,90	0,0
229	1,50	10,30	0,0
230	1,50	10,70	0,0
231	1,50	11,10	0,0
232	1,50	11,50	0,0
233	1,50	11,90	0,0
234	1,50	12,30	0,0
235	1,50	12,70	0,0
236	1,50	13,10	0,0
237	1,50	13,50	0,0
238	1,50	13,90	0,0
239	1,50	14,30	0,0
240	1,50	14,70	0,0
241	1,50	15,10	0,0
242	1,50	15,50	0,0
243	1,50	15,90	0,0
244	1,50	16,30	0,0
245	1,50	16,70	0,0
246	1,90	-0,10	0,0
247	1,90	0,30	0,0
248	1,90	0,70	0,0
249	1,90	1,10	0,0
250	1,90	1,50	0,0
251	1,90	1,90	0,0
252	1,90	2,30	0,0
253	1,90	2,70	0,0
254	1,90	3,10	0,0
255	1,90	3,50	0,0
256	1,90	3,90	0,0
257	1,90	4,30	0,0
258	1,90	4,70	0,0
259	1,90	5,10	0,0
260	1,90	5,50	0,0
261	1,90	5,90	0,0
262	1,90	6,30	0,0
263	1,90	6,70	0,0
264	1,90	7,10	0,0
265	1,90	7,50	0,0
266	1,90	7,90	0,0
267	1,90	8,30	0,0
268	1,90	8,70	0,0
269	1,90	9,10	0,0
270	1,90	9,50	0,0
271	1,90	9,90	0,0
272	1,90	10,30	0,0
273	1,90	10,70	0,0
274	1,90	11,10	0,0
275	1,90	11,50	0,0
276	1,90	11,90	0,0
277	1,90	12,30	0,0
278	1,90	12,70	0,0
279	1,90	13,10	0,0
280	1,90	13,50	0,0
281	1,90	13,90	0,0
282	1,90	14,30	0,0
283	1,90	14,70	0,0
284	1,90	15,10	0,0
285	1,90	15,50	0,0
286	1,90	15,90	0,0
287	1,90	16,30	0,0
288	1,90	16,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
439	3,50	8,30	0,0
440	3,50	8,70	0,0
441	3,50	9,10	0,0
442	3,50	9,50	0,0
443	3,50	9,90	0,0
444	3,50	10,30	0,0
445	3,50	10,70	0,0
446	3,50	11,10	0,0
447	3,50	11,50	0,0
448	3,50	11,90	0,0
449	3,50	12,30	0,0
450	3,50	12,70	0,0
451	3,50	13,10	0,0
452	3,50	13,50	0,0
453	3,50	13,90	0,0
454	3,50	14,30	0,0
455	3,50	14,70	0,0
456	3,50	15,10	0,0
457	3,50	15,50	0,0
458	3,50	15,90	0,0
459	3,50	16,30	0,0
460	3,50	16,70	0,0
461	3,90	0,30	0,0
462	3,90	0,70	0,0
463	3,90	1,10	0,0
464	3,90	1,50	0,0
465	3,90	1,90	0,0
466	3,90	2,30	0,0
467	3,90	2,70	0,0
468	3,90	3,10	0,0
469	3,90	3,50	0,0
470	3,90	3,90	0,0
471	3,90	4,30	0,0
472	3,90	4,70	0,0
473	3,90	5,10	0,0
474	3,90	5,50	0,0
475	3,90	5,90	0,0
476	3,90	6,30	0,0
477	3,90	7,10	0,0
478	3,90	7,50	0,0
479	3,90	7,90	0,0
480	3,90	8,30	0,0
481	3,90	8,70	0,0
482	3,90	9,10	0,0
483	3,90	9,50	0,0
484	3,90	10,30	0,0
485	3,90	10,70	0,0
486	3,90	11,10	0,0
487	3,90	11,50	0,0
488	3,90	11,90	0,0
489	3,90	12,30	0,0
490	3,90	12,70	0,0
491	3,90	13,50	0,0
492	3,90	13,90	0,0
493	3,90	14,30	0,0
494	3,90	14,70	0,0
495	3,90	15,10	0,0
496	3,90	15,50	0,0
497	3,90	15,90	0,0
498	4,30	0,30	0,0
499	4,30	0,70	0,0
500	4,30	1,10	0,0
501	4,30	1,50	0,0
502	4,30	1,90	0,0
503	4,30	2,30	0,0
504	4,30	2,70	0,0
505	4,30	3,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
71	0,30	7,50	0,0
72	-0,10	7,50	0,0
73	0,30	7,90	0,0
74	-0,10	7,90	0,0
75	0,30	8,30	0,0
76	-0,10	8,30	0,0
77	0,30	8,70	0,0
78	-0,10	8,70	0,0
79	0,30	9,10	0,0
80	-0,10	9,10	0,0
81	0,30	9,50	0,0
82	-0,10	9,50	0,0
83	-0,10	10,30	0,0
84	0,30	10,30	0,0
85	0,30	10,70	0,0
86	-0,10	10,70	0,0
87	0,30	11,10	0,0
88	-0,10	11,10	0,0
89	0,30	11,50	0,0
90	-0,10	11,50	0,0
91	0,30	11,90	0,0
92	-0,10	11,90	0,0
93	0,30	12,30	0,0
94	-0,10	12,30	0,0
95	0,30	12,70	0,0
96	-0,10	12,70	0,0
97	-0,10	13,50	0,0
98	0,30	13,50	0,0
99	0,30	13,90	0,0
100	-0,10	13,90	0,0
101	0,30	14,30	0,0
102	-0,10	14,30	0,0
103	0,30	14,70	0,0
104	-0,10	14,70	0,0
105	0,30	15,10	0,0
106	-0,10	15,10	0,0
107	0,30	15,50	0,0
108	-0,10	15,50	0,0
109	0,30	15,90	0,0
110	-0,10	15,90	0,0
111	0,30	-0,10	0,0
112	0,70	-0,10	0,0
113	0,70	0,30	0,0
114	0,70	0,70	0,0
115	0,70	1,10	0,0
116	0,70	1,50	0,0
117	0,70	1,90	0,0
118	0,70	2,30	0,0
119	0,70	2,70	0,0
120	0,70	3,10	0,0
121	0,70	3,50	0,0
122	0,70	3,90	0,0
123	0,70	4,30	0,0
124	0,70	4,70	0,0
125	0,70	5,10	0,0
126	0,70	5,50	0,0
127	0,70	5,90	0,0
128	0,70	6,30	0,0
129	0,70	6,70	0,0
130	0,30	6,70	0,0
131	0,70	7,10	0,0
132	0,70	7,50	0,0
133	0,70	7,90	0,0
134	0,70	8,30	0,0
135	0,70	8,70	0,0
136	0,70	9,10	0,0
137	0,70	9,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
289	2,30	-0,10	0,0
290	2,30	0,30	0,0
291	2,30	0,70	0,0
292	2,30	1,10	0,0
293	2,30	1,50	0,0
294	2,30	1,90	0,0
295	2,30	2,30	0,0
296	2,30	2,70	0,0
297	2,30	3,10	0,0
298	2,30	3,50	0,0
299	2,30	3,90	0,0
300	2,30	4,30	0,0
301	2,30	4,70	0,0
302	2,30	5,10	0,0
303	2,30	5,50	0,0
304	2,30	5,90	0,0
305	2,30	6,30	0,0
306	2,30	6,70	0,0
307	2,30	7,10	0,0
308	2,30	7,50	0,0
309	2,30	7,90	0,0
310	2,30	8,30	0,0
311	2,30	8,70	0,0
312	2,30	9,10	0,0
313	2,30	9,50	0,0
314	2,30	9,90	0,0
315	2,30	10,30	0,0
316	2,30	10,70	0,0
317	2,30	11,10	0,0
318	2,30	11,50	0,0
319	2,30	11,90	0,0
320	2,30	12,30	0,0
321	2,30	12,70	0,0
322	2,30	13,10	0,0
323	2,30	13,50	0,0
324	2,30	13,90	0,0
325	2,30	14,30	0,0
326	2,30	14,70	0,0
327	2,30	15,10	0,0
328	2,30	15,50	0,0
329	2,30	15,90	0,0
330	2,30	16,30	0,0
331	2,30	16,70	0,0
332	2,70	-0,10	0,0
333	2,70	0,30	0,0
334	2,70	0,70	0,0
335	2,70	1,10	0,0
336	2,70	1,50	0,0
337	2,70	1,90	0,0
338	2,70	2,30	0,0
339	2,70	2,70	0,0
340	2,70	3,10	0,0
341	2,70	3,50	0,0
342	2,70	3,90	0,0
343	2,70	4,30	0,0
344	2,70	4,70	0,0
345	2,70	5,10	0,0
346	2,70	5,50	0,0
347	2,70	5,90	0,0
348	2,70	6,30	0,0
349	2,70	6,70	0,0
350	2,70	7,10	0,0
351	2,70	7,50	0,0
352	2,70	7,90	0,0
353	2,70	8,30	0,0
354	2,70	8,70	0,0
355	2,70	9,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
506	4,30	3,50	0,0
507	4,30	3,90	0,0
508	4,30	4,30	0,0
509	4,30	4,70	0,0
510	4,30	5,10	0,0
511	4,30	5,50	0,0
512	4,30	5,90	0,0
513	4,30	6,30	0,0
514	4,30	7,10	0,0
515	4,30	7,50	0,0
516	4,30	7,90	0,0
517	4,30	8,30	0,0
518	4,30	8,70	0,0
519	4,30	9,10	0,0
520	4,30	9,50	0,0
521	4,30	10,30	0,0
522	4,30	10,70	0,0
523	4,30	11,10	0,0
524	4,30	11,50	0,0
525	4,30	11,90	0,0
526	4,30	12,30	0,0
527	4,30	12,70	0,0
528	4,30	13,50	0,0
529	4,30	13,90	0,0
530	4,30	14,30	0,0
531	4,30	14,70	0,0
532	4,30	15,10	0,0
533	4,30	15,50	0,0
534	4,30	15,90	0,0
535	-0,50	-0,10	0,0
536	-0,50	-0,50	0,0
537	-0,12	-0,50	0,0
538	-0,50	0,69	0,0
539	-0,50	0,29	0,0
540	-0,50	1,48	0,0
541	-0,50	1,09	0,0
542	-0,50	2,28	0,0
543	-0,50	1,88	0,0
545	-0,50	2,67	0,0
546	-0,50	3,47	0,0
547	-0,50	3,07	0,0
548	-0,50	4,26	0,0
549	-0,50	3,86	0,0
550	-0,50	5,05	0,0
551	-0,50	4,66	0,0
552	-0,50	5,85	0,0
553	-0,50	5,45	0,0
554	-0,50	6,64	0,0
555	-0,50	6,24	0,0
556	-0,50	7,04	0,0
557	-0,50	7,43	0,0
558	-0,50	8,22	0,0
559	-0,50	7,83	0,0
560	0,27	-0,50	0,0
561	0,65	-0,50	0,0
562	1,04	-0,50	0,0
564	1,42	-0,50	0,0
565	1,81	-0,50	0,0
566	2,19	-0,50	0,0
567	2,58	-0,50	0,0
569	-0,50	9,02	0,0
570	-0,50	8,62	0,0
571	-0,50	9,81	0,0
572	-0,50	9,41	0,0
573	-0,50	10,60	0,0
574	-0,50	10,21	0,0
575	-0,50	11,40	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
138	0,70	9,90	0,0
139	0,30	9,90	0,0
140	0,70	10,30	0,0
141	0,70	10,70	0,0
142	0,70	11,10	0,0
143	0,70	11,50	0,0
144	0,70	11,90	0,0
145	0,70	12,30	0,0
146	0,70	12,70	0,0
147	0,70	13,10	0,0
148	0,30	13,10	0,0
149	0,70	13,50	0,0
150	0,70	13,90	0,0
151	0,70	14,30	0,0
152	0,70	14,70	0,0
153	0,70	15,10	0,0
154	0,70	15,50	0,0
155	0,70	15,90	0,0
156	0,70	16,30	0,0
157	0,30	16,30	0,0
158	0,70	16,70	0,0
159	0,30	16,70	0,0
160	1,10	-0,10	0,0
161	1,10	0,30	0,0
162	1,10	0,70	0,0
163	1,10	1,10	0,0
164	1,10	1,50	0,0
165	1,10	1,90	0,0
166	1,10	2,30	0,0
167	1,10	2,70	0,0
168	1,10	3,10	0,0
169	1,10	3,50	0,0
170	1,10	3,90	0,0
171	1,10	4,30	0,0
172	1,10	4,70	0,0
173	1,10	5,10	0,0
174	1,10	5,50	0,0
175	1,10	5,90	0,0
176	1,10	6,30	0,0
177	1,10	6,70	0,0
178	1,10	7,10	0,0
179	1,10	7,50	0,0
180	1,10	7,90	0,0
181	1,10	8,30	0,0
182	1,10	8,70	0,0
183	1,10	9,10	0,0
184	1,10	9,50	0,0
185	1,10	9,90	0,0
186	1,10	10,30	0,0
187	1,10	10,70	0,0
188	1,10	11,10	0,0
189	1,10	11,50	0,0
190	1,10	11,90	0,0
191	1,10	12,30	0,0
192	1,10	12,70	0,0
193	1,10	13,10	0,0
194	1,10	13,50	0,0
195	1,10	13,90	0,0
196	1,10	14,30	0,0
197	1,10	14,70	0,0
198	1,10	15,10	0,0
199	1,10	15,50	0,0
200	1,10	15,90	0,0
201	1,10	16,30	0,0
202	1,10	16,70	0,0
203	1,50	-0,10	0,0
204	1,50	0,30	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
356	2,70	9,50	0,0
357	2,70	9,90	0,0
358	2,70	10,30	0,0
359	2,70	10,70	0,0
360	2,70	11,10	0,0
361	2,70	11,50	0,0
362	2,70	11,90	0,0
363	2,70	12,30	0,0
364	2,70	12,70	0,0
365	2,70	13,10	0,0
366	2,70	13,50	0,0
367	2,70	13,90	0,0
368	2,70	14,30	0,0
369	2,70	14,70	0,0
370	2,70	15,10	0,0
371	2,70	15,50	0,0
372	2,70	15,90	0,0
373	2,70	16,30	0,0
374	2,70	16,70	0,0
375	3,10	-0,10	0,0
376	3,10	0,30	0,0
377	3,10	0,70	0,0
378	3,10	1,10	0,0
379	3,10	1,50	0,0
380	3,10	1,90	0,0
381	3,10	2,30	0,0
382	3,10	2,70	0,0
383	3,10	3,10	0,0
384	3,10	3,50	0,0
385	3,10	3,90	0,0
386	3,10	4,30	0,0
387	3,10	4,70	0,0
388	3,10	5,10	0,0
389	3,10	5,50	0,0
390	3,10	5,90	0,0
391	3,10	6,30	0,0
392	3,10	6,70	0,0
393	3,10	7,10	0,0
394	3,10	7,50	0,0
395	3,10	7,90	0,0
396	3,10	8,30	0,0
397	3,10	8,70	0,0
398	3,10	9,10	0,0
399	3,10	9,50	0,0
400	3,10	9,90	0,0
401	3,10	10,30	0,0
402	3,10	10,70	0,0
403	3,10	11,10	0,0
404	3,10	11,50	0,0
405	3,10	11,90	0,0
406	3,10	12,30	0,0
407	3,10	12,70	0,0
408	3,10	13,10	0,0
409	3,10	13,50	0,0
410	3,10	13,90	0,0
411	3,10	14,30	0,0
412	3,10	14,70	0,0
413	3,10	15,10	0,0
414	3,10	15,50	0,0
415	3,10	15,90	0,0
416	3,10	16,30	0,0
417	3,10	16,70	0,0
418	3,50	-0,10	0,0
419	3,50	0,30	0,0
420	3,50	0,70	0,0
421	3,50	1,10	0,0
422	3,50	1,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
576	-0,50	11,00	0,0
578	-0,50	11,79	0,0
579	-0,50	12,19	0,0
580	-0,50	12,98	0,0
581	-0,50	12,59	0,0
582	-0,50	13,78	0,0
583	-0,50	13,38	0,0
584	-0,50	14,57	0,0
585	-0,50	14,17	0,0
587	-0,50	15,36	0,0
588	-0,50	15,76	0,0
589	-0,50	14,97	0,0
590	-0,50	16,16	0,0
591	-0,12	16,95	0,0
592	-0,50	16,55	0,0
594	-0,50	16,95	0,0
595	4,29	10,01	0,0
596	0,27	16,95	0,0
597	0,65	16,95	0,0
598	1,04	16,95	0,0
599	4,33	6,84	0,0
600	3,80	16,20	0,0
601	1,42	16,95	0,0
602	2,19	16,95	0,0
603	1,81	16,95	0,0
604	2,58	16,95	0,0
605	2,96	-0,50	0,0
606	3,35	-0,50	0,0
607	3,73	-0,50	0,0
609	4,50	-0,10	0,0
610	4,12	-0,50	0,0
611	4,50	1,09	0,0
612	4,50	1,88	0,0
613	4,50	1,48	0,0
614	4,50	0,69	0,0
617	4,50	3,07	0,0
618	4,50	2,67	0,0
619	4,50	3,86	0,0
620	4,50	3,47	0,0
621	4,50	2,28	0,0
622	4,50	0,29	0,0
623	4,50	4,66	0,0
624	4,50	-0,50	0,0
625	4,50	4,26	0,0
626	4,50	5,05	0,0
627	4,50	5,45	0,0
628	4,50	6,24	0,0
629	4,50	5,85	0,0
630	4,50	6,64	0,0
631	4,50	7,04	0,0
632	4,50	7,83	0,0
633	4,50	7,43	0,0
634	4,50	8,22	0,0
636	4,50	8,62	0,0
637	4,50	9,41	0,0
638	4,50	9,02	0,0
639	4,50	10,60	0,0
640	4,50	11,40	0,0
641	4,50	11,00	0,0
642	4,50	9,81	0,0
643	4,50	10,21	0,0
645	2,96	16,95	0,0
646	3,35	16,95	0,0
648	3,73	16,95	0,0
649	4,12	16,95	0,0
650	4,50	16,55	0,0
651	4,27	13,22	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
205	1,50	0,70	0,0
206	1,50	1,10	0,0
207	1,50	1,50	0,0
208	1,50	1,90	0,0
209	1,50	2,30	0,0
210	1,50	2,70	0,0
211	1,50	3,10	0,0
212	1,50	3,50	0,0
213	1,50	3,90	0,0
214	1,50	4,30	0,0
215	1,50	4,70	0,0
216	1,50	5,10	0,0
217	1,50	5,50	0,0
218	1,50	5,90	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
423	3,50	1,90	0,0
424	3,50	2,30	0,0
425	3,50	2,70	0,0
426	3,50	3,10	0,0
427	3,50	3,50	0,0
428	3,50	3,90	0,0
429	3,50	4,30	0,0
430	3,50	4,70	0,0
431	3,50	5,10	0,0
432	3,50	5,50	0,0
433	3,50	5,90	0,0
434	3,50	6,30	0,0
435	3,50	6,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
652	4,50	12,19	0,0
653	4,50	12,59	0,0
654	4,50	11,79	0,0
655	4,50	13,38	0,0
656	4,50	12,98	0,0
657	4,50	13,78	0,0
658	4,50	14,57	0,0
659	4,50	14,17	0,0
660	4,50	14,97	0,0
661	4,50	15,76	0,0
662	4,50	15,36	0,0
663	4,50	16,16	0,0
664	4,50	16,95	0,0

## Pannelli

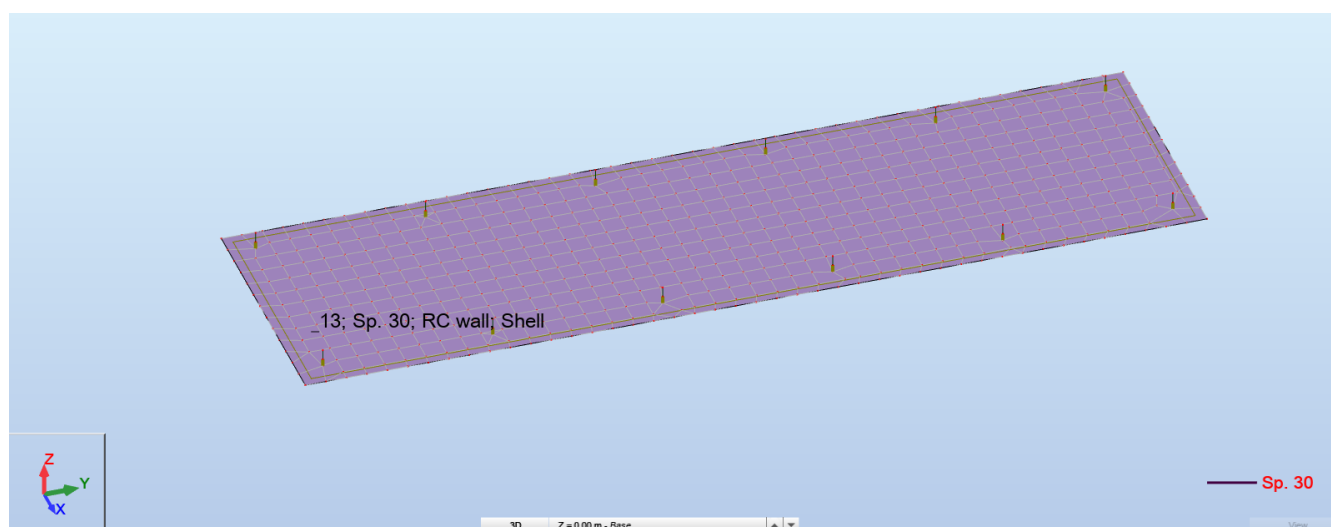


FIG. 20 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
1	Fondazione 30cm	C25/30	Cons	Pannello

Nota: il programma di calcolo raggruppa gli elementi finiti tipo Shell in pannelli. Per il progetto della presente fondazione si è prodotto un pannello (N°1) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

## FONDAZIONE CABINA DI TRASFORMAZIONE BT-AT

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di  $2000 \text{ kN/m}^3$  e orizzontale pari a  $1000 \text{ kN/m}^3$ , i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 40cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

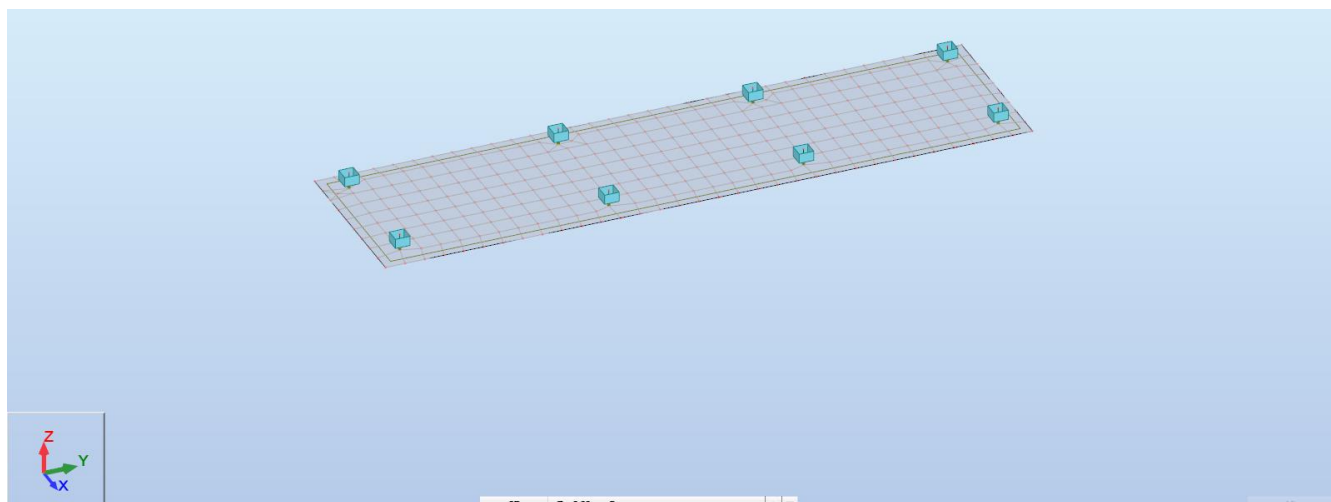


FIG. 21 – Planimetria modello di calcolo

### Elementi tipo shell

Elementi tipo “shell” che rappresentano la platea di fondazione: TH = 30 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

- Carichi nodali derivanti dall’analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

### COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,35
2	2,60	12,00	0,0
3	0,0	4,30	0,35
4	2,20	12,00	0,0
5	0,0	8,30	0,35
6	2,20	11,60	0,0
7	0,0	12,30	0,35
8	2,60	11,60	0,0
9	2,50	12,30	0,35
10	2,20	11,20	0,0
11	2,50	8,30	0,35
12	2,60	11,20	0,0
13	2,50	4,30	0,35
14	2,20	10,80	0,0
15	2,50	0,0	0,35
16	0,0	0,0	0,0
17	0,0	4,30	0,0
18	0,0	8,30	0,0
19	0,0	12,30	0,0
20	2,50	12,30	0,0
21	2,50	8,30	0,0
22	2,50	4,30	0,0
23	2,50	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,15
25	0,0	4,30	0,15
26	0,0	8,30	0,15
27	0,0	12,30	0,15
28	2,50	12,30	0,15
29	2,50	8,30	0,15
30	2,50	4,30	0,15

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
110	1,80	2,00	0,0
111	1,80	1,60	0,0
112	1,80	1,20	0,0
113	1,80	0,80	0,0
114	1,80	0,40	0,0
115	1,80	0,0	0,0
116	2,20	0,0	0,0
117	1,40	12,40	0,0
118	1,40	12,00	0,0
119	1,40	11,60	0,0
120	1,40	11,20	0,0
121	1,40	10,80	0,0
122	1,40	10,40	0,0
123	1,40	10,00	0,0
124	1,40	9,60	0,0
125	1,40	9,20	0,0
126	1,40	8,80	0,0
127	1,40	8,40	0,0
128	1,40	8,00	0,0
129	1,40	7,60	0,0
130	1,40	7,20	0,0
131	1,40	6,80	0,0
132	1,40	6,40	0,0
133	1,40	6,00	0,0
134	1,40	5,60	0,0
135	1,40	5,20	0,0
136	1,40	4,80	0,0
137	1,40	4,40	0,0
138	1,40	4,00	0,0
139	1,40	3,60	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
229	0,20	6,00	0,0
230	0,20	5,60	0,0
231	0,20	5,20	0,0
232	0,20	4,80	0,0
233	0,20	4,40	0,0
234	0,20	4,00	0,0
235	0,20	3,60	0,0
236	0,20	3,20	0,0
237	0,20	2,80	0,0
238	0,20	2,40	0,0
239	0,20	2,00	0,0
240	0,20	1,60	0,0
241	0,20	1,20	0,0
242	0,20	0,80	0,0
243	0,20	0,40	0,0
244	0,20	0,0	0,0
245	-0,20	12,00	0,0
246	-0,20	11,60	0,0
247	-0,20	11,20	0,0
248	-0,20	10,80	0,0
249	-0,20	10,40	0,0
250	-0,20	10,00	0,0
251	-0,20	9,60	0,0
252	-0,20	9,20	0,0
253	-0,20	8,80	0,0
254	-0,20	8,00	0,0
255	-0,20	7,60	0,0
256	-0,20	7,20	0,0
257	-0,20	6,80	0,0
258	-0,20	6,40	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
31	2,50	0,0	0,15
32	2,60	10,80	0,0
33	2,20	10,40	0,0
34	2,60	10,40	0,0
35	2,20	10,00	0,0
36	2,60	10,00	0,0
37	2,20	9,60	0,0
38	2,60	9,60	0,0
39	2,20	9,20	0,0
40	2,60	9,20	0,0
41	2,20	8,80	0,0
42	2,60	8,80	0,0
43	2,60	8,00	0,0
44	2,20	8,00	0,0
45	2,20	7,60	0,0
46	2,60	7,60	0,0
47	2,20	7,20	0,0
48	2,60	7,20	0,0
49	2,20	6,80	0,0
50	2,60	6,80	0,0
51	2,20	6,40	0,0
52	2,60	6,40	0,0
53	2,20	6,00	0,0
54	2,60	6,00	0,0
55	2,20	5,60	0,0
56	2,60	5,60	0,0
57	2,20	5,20	0,0
58	2,60	5,20	0,0
59	2,20	4,80	0,0
60	2,60	4,80	0,0
61	2,60	4,00	0,0
62	2,20	4,00	0,0
63	2,20	3,60	0,0
64	2,60	3,60	0,0
65	2,20	3,20	0,0
66	2,60	3,20	0,0
67	2,20	2,80	0,0
68	2,60	2,80	0,0
69	2,20	2,40	0,0
70	2,60	2,40	0,0
71	2,20	2,00	0,0
72	2,60	2,00	0,0
73	2,20	1,60	0,0
74	2,60	1,60	0,0
75	2,20	1,20	0,0
76	2,60	1,20	0,0
77	2,20	0,80	0,0
78	2,60	0,80	0,0
79	2,20	0,40	0,0
80	2,60	0,40	0,0
81	2,20	12,40	0,0
82	1,80	12,40	0,0
83	1,80	12,00	0,0
84	1,80	11,60	0,0
85	1,80	11,20	0,0
86	1,80	10,80	0,0
87	1,80	10,40	0,0
88	1,80	10,00	0,0
89	1,80	9,60	0,0
90	1,80	9,20	0,0
91	1,80	8,80	0,0
92	1,80	8,40	0,0
93	2,20	8,40	0,0
94	1,80	8,00	0,0
95	1,80	7,60	0,0
96	1,80	7,20	0,0
97	1,80	6,80	0,0
98	1,80	6,40	0,0
99	1,80	6,00	0,0
100	1,80	5,60	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
140	1,40	3,20	0,0
141	1,40	2,80	0,0
142	1,40	2,40	0,0
143	1,40	2,00	0,0
144	1,40	1,60	0,0
145	1,40	1,20	0,0
146	1,40	0,80	0,0
147	1,40	0,40	0,0
148	1,40	0,0	0,0
149	1,00	12,40	0,0
150	1,00	12,00	0,0
151	1,00	11,60	0,0
152	1,00	11,20	0,0
153	1,00	10,80	0,0
154	1,00	10,40	0,0
155	1,00	10,00	0,0
156	1,00	9,60	0,0
157	1,00	9,20	0,0
158	1,00	8,80	0,0
159	1,00	8,40	0,0
160	1,00	8,00	0,0
161	1,00	7,60	0,0
162	1,00	7,20	0,0
163	1,00	6,80	0,0
164	1,00	6,40	0,0
165	1,00	6,00	0,0
166	1,00	5,60	0,0
167	1,00	5,20	0,0
168	1,00	4,80	0,0
169	1,00	4,40	0,0
170	1,00	4,00	0,0
171	1,00	3,60	0,0
172	1,00	3,20	0,0
173	1,00	2,80	0,0
174	1,00	2,40	0,0
175	1,00	2,00	0,0
176	1,00	1,60	0,0
177	1,00	1,20	0,0
178	1,00	0,80	0,0
179	1,00	0,40	0,0
180	1,00	0,0	0,0
181	0,60	12,40	0,0
182	0,60	12,00	0,0
183	0,60	11,60	0,0
184	0,60	11,20	0,0
185	0,60	10,80	0,0
186	0,60	10,40	0,0
187	0,60	10,00	0,0
188	0,60	9,60	0,0
189	0,60	9,20	0,0
190	0,60	8,80	0,0
191	0,60	8,40	0,0
192	0,60	8,00	0,0
193	0,60	7,60	0,0
194	0,60	7,20	0,0
195	0,60	6,80	0,0
196	0,60	6,40	0,0
197	0,60	6,00	0,0
198	0,60	5,60	0,0
199	0,60	5,20	0,0
200	0,60	4,80	0,0
201	0,60	4,40	0,0
202	0,60	4,00	0,0
203	0,60	3,60	0,0
204	0,60	3,20	0,0
205	0,60	2,80	0,0
206	0,60	2,40	0,0
207	0,60	2,00	0,0
208	0,60	1,60	0,0
209	0,60	1,20	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
259	-0,20	6,00	0,0
260	-0,20	5,60	0,0
261	-0,20	5,20	0,0
262	-0,20	4,80	0,0
263	-0,20	4,00	0,0
264	-0,20	3,60	0,0
265	-0,20	3,20	0,0
266	-0,20	2,80	0,0
267	-0,20	2,40	0,0
268	-0,20	2,00	0,0
269	-0,20	1,60	0,0
270	-0,20	1,20	0,0
271	-0,20	0,80	0,0
272	-0,20	0,40	0,0
273	3,00	12,40	0,0
274	3,00	12,80	0,0
275	2,61	12,80	0,0
276	3,00	11,59	0,0
277	3,00	11,99	0,0
278	3,00	11,19	0,0
280	3,00	10,78	0,0
281	3,00	10,38	0,0
282	3,00	9,98	0,0
283	3,00	9,17	0,0
284	3,00	9,58	0,0
285	3,00	8,77	0,0
286	3,00	7,96	0,0
287	3,00	8,37	0,0
288	3,00	7,56	0,0
289	3,00	6,75	0,0
290	3,00	7,16	0,0
291	3,00	6,35	0,0
292	2,22	12,80	0,0
293	1,83	12,80	0,0
294	1,44	12,80	0,0
295	1,06	12,80	0,0
297	3,00	5,55	0,0
298	3,00	5,95	0,0
299	3,00	4,74	0,0
300	3,00	5,14	0,0
301	3,00	4,34	0,0
302	3,00	3,53	0,0
303	3,00	3,93	0,0
304	3,00	3,13	0,0
305	3,00	2,72	0,0
306	3,00	1,52	0,0
307	3,00	1,92	0,0
308	3,00	1,11	0,0
309	3,00	2,32	0,0
310	3,00	0,31	0,0
311	3,00	0,71	0,0
313	3,00	-0,10	0,0
314	2,61	-0,50	0,0
315	3,00	-0,50	0,0
317	-0,02	4,58	0,0
318	2,22	-0,50	0,0
320	1,83	-0,50	0,0
321	1,44	-0,50	0,0
322	1,06	-0,50	0,0
323	0,67	12,80	0,0
324	0,28	12,80	0,0
325	-0,11	12,80	0,0
327	-0,50	12,40	0,0
328	-0,50	11,99	0,0
329	-0,02	8,58	0,0
331	-0,50	8,37	0,0
332	-0,50	10,78	0,0
333	-0,50	10,38	0,0
334	-0,50	9,58	0,0
335	-0,50	9,17	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
101	1,80	5,20	0,0
102	1,80	4,80	0,0
103	1,80	4,40	0,0
104	2,20	4,40	0,0
105	1,80	4,00	0,0
106	1,80	3,60	0,0
107	1,80	3,20	0,0
108	1,80	2,80	0,0
109	1,80	2,40	0,0
110	1,80	2,00	0,0
111	1,80	1,60	0,0
112	1,80	1,20	0,0
113	1,80	0,80	0,0
114	1,80	0,40	0,0
115	1,80	0,0	0,0
116	2,20	0,0	0,0
117	1,40	12,40	0,0
118	1,40	12,00	0,0
119	1,40	11,60	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
210	0,60	0,80	0,0
211	0,60	0,40	0,0
212	0,60	0,0	0,0
213	0,20	12,40	0,0
214	0,20	12,00	0,0
215	0,20	11,60	0,0
216	0,20	11,20	0,0
217	0,20	10,80	0,0
218	0,20	10,40	0,0
219	0,20	10,00	0,0
220	0,20	9,60	0,0
221	0,20	9,20	0,0
222	0,20	8,80	0,0
223	0,20	8,40	0,0
224	0,20	8,00	0,0
225	0,20	7,60	0,0
226	0,20	7,20	0,0
227	0,20	6,80	0,0
228	0,20	6,40	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
336	-0,50	9,98	0,0
337	-0,50	11,19	0,0
338	-0,50	11,59	0,0
339	-0,50	8,77	0,0
340	-0,50	7,96	0,0
341	-0,50	7,16	0,0
342	-0,50	6,75	0,0
343	-0,50	7,56	0,0
344	-0,50	6,35	0,0
345	-0,50	12,80	0,0
346	-0,50	4,34	0,0
347	-0,50	5,55	0,0
348	-0,50	5,14	0,0
349	-0,50	3,93	0,0
350	-0,50	3,53	0,0
351	-0,50	5,95	0,0
352	0,67	-0,50	0,0
353	0,28	-0,50	0,0
354	-0,50	2,72	0,0
356	0,10	-0,27	0,0
357	-0,50	-0,10	0,0
358	-0,11	-0,50	0,0
359	-0,50	3,13	0,0
360	-0,50	4,74	0,0
361	-0,50	2,32	0,0
362	-0,50	1,92	0,0
363	-0,50	1,52	0,0
364	-0,50	1,11	0,0
365	-0,50	0,71	0,0
366	-0,50	0,31	0,0
367	-0,50	-0,50	0,0



## Pannelli

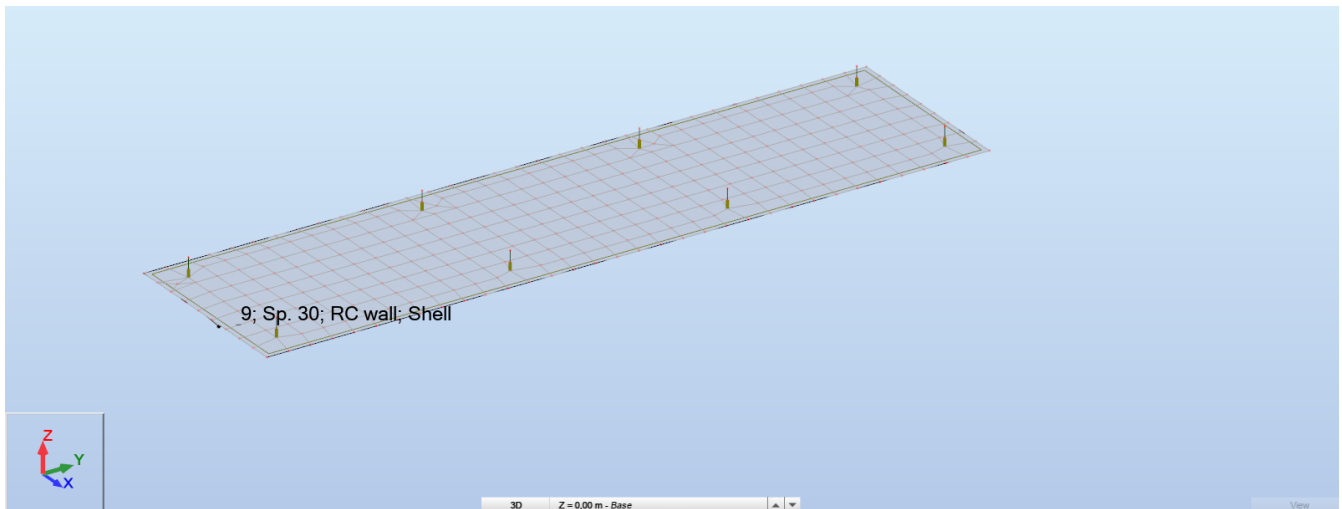


FIG. 22 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
9	Fondazione 30cm	C25/30	Cons	Pannello

Nota: il programma di calcolo raggruppa gli elementi finiti tipo Shell in pannelli. Per il progetto della presente fondazione si è prodotto un pannello (N°9) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

### FONDAZIONE CABINA IDROGENO 36KV

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2000 kN/m<sup>3</sup> e orizzontale pari a 1000 kN/m<sup>3</sup>, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 40cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

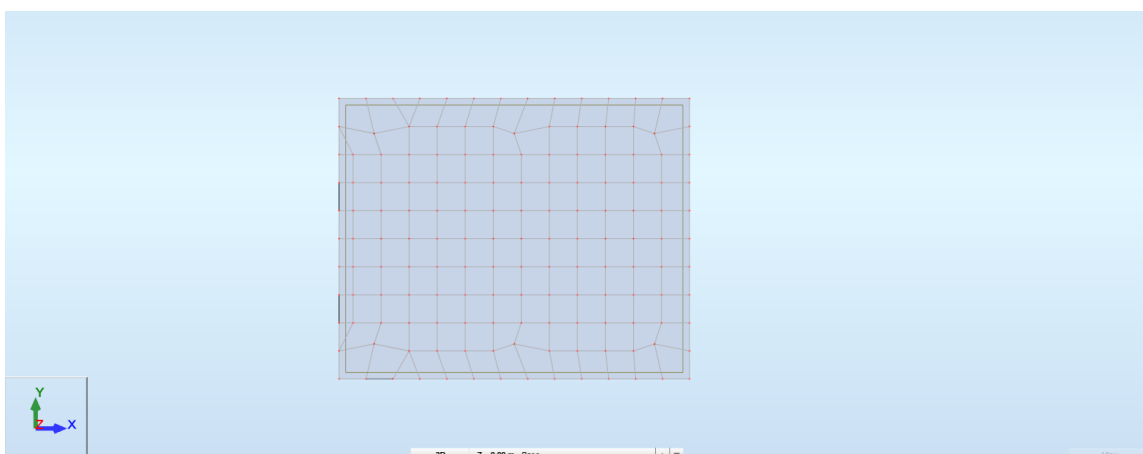


FIG. 25 – Planimetria modello di calcolo Elementi tipo shell

Elementi tipo "shell" che rappresentano la platea di fondazione: TH = 30 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

- Carichi nodali derivanti dall'analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

**COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE**

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,35
2	2,00	0,0	0,35
3	4,00	0,0	0,35
4	0,0	3,00	0,35
5	2,00	3,00	0,35
6	4,00	3,00	0,35
7	3,70	3,10	0,0
8	3,70	2,70	0,0
9	3,30	2,70	0,0
10	3,30	3,10	0,0
11	2,90	2,70	0,0
12	2,90	3,10	0,0
13	0,0	0,0	0,15
14	0,0	0,0	0,0
15	2,00	0,0	0,15
16	2,00	0,0	0,0
17	4,00	0,0	0,15
18	4,00	0,0	0,0
19	2,50	2,70	0,0
20	2,50	3,10	0,0
21	1,70	3,10	0,0
22	1,70	2,70	0,0
23	1,30	2,70	0,0
24	1,30	3,10	0,0
25	0,90	2,70	0,0
26	0,90	3,10	0,0
27	0,50	2,70	0,0
28	0,50	3,10	0,0
29	0,0	3,00	0,15
30	4,10	2,70	0,0
31	2,00	3,00	0,15
32	4,10	2,30	0,0
33	4,00	3,00	0,15
34	0,0	3,00	0,0
35	2,00	3,00	0,0
36	4,00	3,00	0,0
37	3,70	2,30	0,0
38	3,30	2,30	0,0
39	2,90	2,30	0,0
40	2,50	2,30	0,0
41	2,10	2,30	0,0
42	2,10	2,70	0,0
43	1,70	2,30	0,0
44	1,30	2,30	0,0
45	0,90	2,30	0,0
46	0,50	2,30	0,0
47	0,10	2,30	0,0
48	0,10	2,70	0,0
49	-0,30	2,30	0,0
50	-0,30	2,70	0,0
51	4,10	1,90	0,0
52	3,70	1,90	0,0
53	3,30	1,90	0,0
54	2,90	1,90	0,0
55	2,50	1,90	0,0
56	2,10	1,90	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
57	1,70	1,90	0,0
58	1,30	1,90	0,0
59	0,90	1,90	0,0
60	0,50	1,90	0,0
61	0,10	1,90	0,0
62	-0,30	1,90	0,0
63	4,10	1,50	0,0
64	3,70	1,50	0,0
65	3,30	1,50	0,0
66	2,90	1,50	0,0
67	2,50	1,50	0,0
68	2,10	1,50	0,0
69	1,70	1,50	0,0
70	1,30	1,50	0,0
71	0,90	1,50	0,0
72	0,50	1,50	0,0
73	0,10	1,50	0,0
74	-0,30	1,50	0,0
75	4,10	1,10	0,0
76	3,70	1,10	0,0
77	3,30	1,10	0,0
78	2,90	1,10	0,0
79	2,50	1,10	0,0
80	2,10	1,10	0,0
81	1,70	1,10	0,0
82	1,30	1,10	0,0
83	0,90	1,10	0,0
84	0,50	1,10	0,0
85	0,10	1,10	0,0
86	-0,30	1,10	0,0
87	4,10	0,70	0,0
88	3,70	0,70	0,0
89	3,30	0,70	0,0
90	2,90	0,70	0,0
91	2,50	0,70	0,0
92	2,10	0,70	0,0
93	1,70	0,70	0,0
94	1,30	0,70	0,0
95	0,90	0,70	0,0
96	0,50	0,70	0,0
97	0,10	0,70	0,0
98	-0,30	0,70	0,0
99	4,10	0,30	0,0
100	3,70	0,30	0,0
101	3,30	0,30	0,0
102	2,90	0,30	0,0
103	2,50	0,30	0,0
104	2,10	0,30	0,0
105	1,70	0,30	0,0
106	1,30	0,30	0,0
107	0,90	0,30	0,0
108	0,50	0,30	0,0
109	0,10	0,30	0,0
110	-0,30	0,30	0,0
111	3,70	-0,10	0,0
112	3,30	-0,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
113	2,90	-0,10	0,0
114	2,50	-0,10	0,0
115	1,70	-0,10	0,0
116	1,30	-0,10	0,0
117	0,90	-0,10	0,0
118	0,50	-0,10	0,0
119	4,12	3,50	0,0
120	4,50	3,50	0,0
121	4,50	3,10	0,0
122	3,73	3,50	0,0
124	3,35	3,50	0,0
125	2,96	3,50	0,0
126	2,58	3,50	0,0
127	2,19	3,50	0,0
128	4,50	2,70	0,0
129	4,50	2,30	0,0
130	4,50	1,90	0,0
131	4,50	1,50	0,0
133	4,50	1,10	0,0
134	1,42	3,50	0,0
135	1,81	3,50	0,0
136	1,04	3,50	0,0
137	0,65	3,50	0,0
138	0,27	3,50	0,0
140	-0,12	3,50	0,0
141	-0,50	3,10	0,0
142	-0,50	3,50	0,0
143	-0,50	2,70	0,0
144	-0,50	2,30	0,0
145	-0,50	1,90	0,0
146	4,50	0,70	0,0
147	4,50	0,30	0,0
150	4,50	-0,10	0,0
151	4,12	-0,50	0,0
152	4,50	-0,50	0,0
153	3,73	-0,50	0,0
154	3,35	-0,50	0,0
155	2,96	-0,50	0,0
156	2,58	-0,50	0,0
157	2,19	-0,50	0,0
158	1,81	-0,50	0,0
159	-0,50	1,10	0,0
161	-0,50	1,50	0,0
162	-0,50	0,70	0,0
163	-0,50	0,30	0,0
164	-0,50	-0,10	0,0
165	1,42	-0,50	0,0
166	1,04	-0,50	0,0
167	0,65	-0,50	0,0
168	-0,12	-0,50	0,0
169	0,27	-0,50	0,0
170	-0,50	-0,50	0,0

**Pannelli**

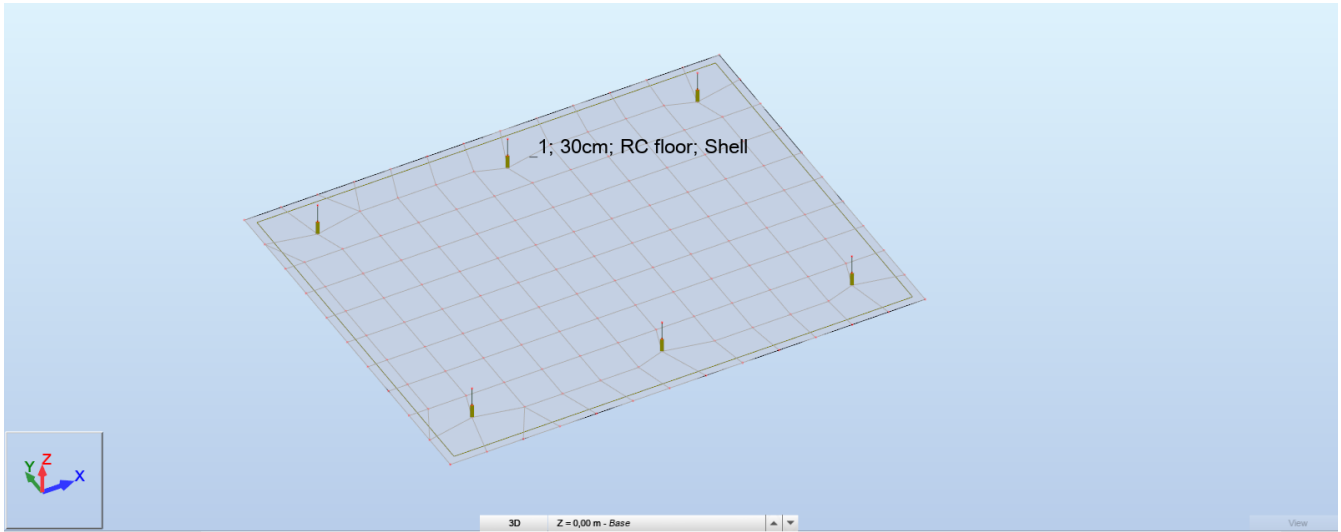


FIG. 23 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
1	Fondazione 30cm	C25/30	Cons	Pannello

**FONDAZIONE CABINA IDROGENO 20KN**

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l’analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi “shell” su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2000 kN/m<sup>3</sup> e orizzontale pari a 1000 kN/m<sup>3</sup>, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo “beam”.

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una “mesh” regolare con dimensione massima dell’elemento finito pari a 40cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

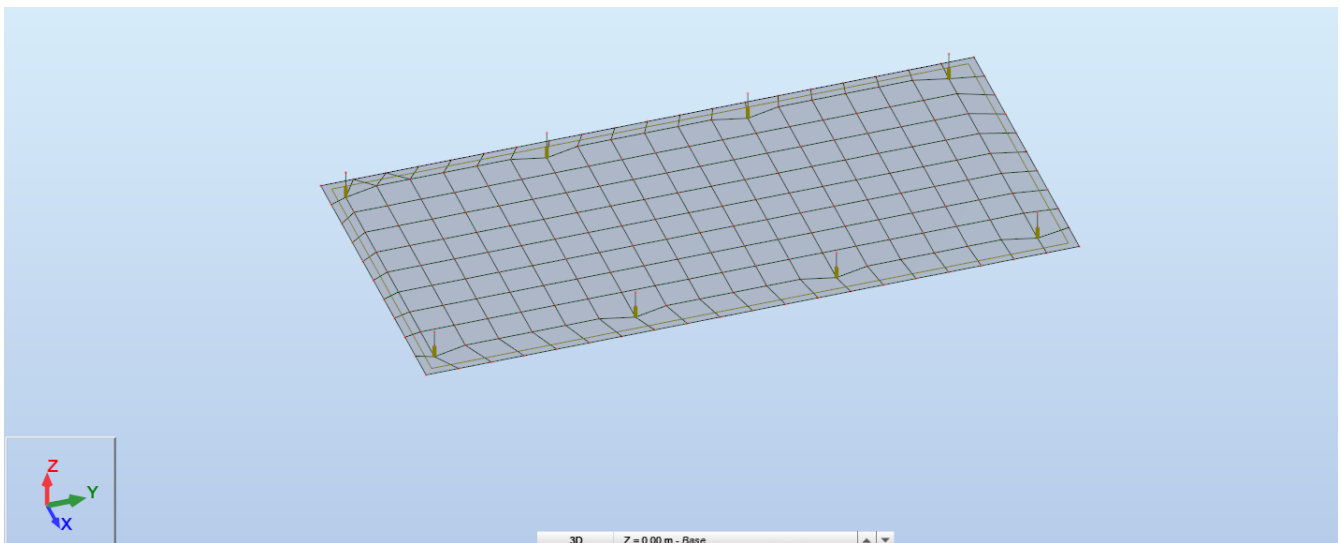


FIG. 26 – Planimetria modello di calcolo

Elementi tipo shell

Elementi tipo "shell" che rappresentano la platea di fondazione: TH = 30 cm

I carichi applicati (come elencati nel capitolo dedicato) sono di varia natura, precisamente:

-Carichi nodali derivanti dall'analisi della sovrastruttura;

Nelle pagine seguenti si riportano le viste dei modelli di calcolo della fondazione in oggetto e si evidenziano i dati di input e output forniti dal modello di calcolo, le sollecitazioni interne nella platea di fondazione e le azioni nei pilastri con le rispettive verifiche.

#### COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,30	0,0	0,35
2	3,40	6,80	0,0
3	0,30	2,40	0,35
4	3,00	6,80	0,0
5	0,30	4,80	0,35
6	3,00	6,40	0,0
7	3,40	6,40	0,0
8	3,00	6,00	0,0
9	3,40	6,00	0,0
10	3,00	5,60	0,0
11	3,50	4,80	0,35
12	3,40	5,60	0,0
13	3,50	2,40	0,35
14	3,00	5,20	0,0
15	3,50	0,0	0,35
16	3,40	5,20	0,0
17	3,40	4,40	0,0
18	0,30	7,20	0,35
19	3,00	4,40	0,0
20	3,50	7,20	0,35
21	3,00	4,00	0,0
22	3,40	4,00	0,0
23	3,00	3,60	0,0
24	3,40	3,60	0,0
25	3,00	3,20	0,0
26	3,40	3,20	0,0
27	3,00	2,80	0,0
28	3,40	2,80	0,0
29	0,30	0,0	0,0
30	0,30	2,40	0,0
31	0,30	4,80	0,0
32	3,40	2,00	0,0
33	3,00	2,00	0,0
34	3,50	4,80	0,0
35	3,50	2,40	0,0
36	3,50	0,0	0,0
37	0,30	7,20	0,0
38	3,50	7,20	0,0
39	3,00	1,60	0,0
40	3,40	1,60	0,0
41	3,00	1,20	0,0
42	3,40	1,20	0,0
43	0,30	0,0	0,15
44	0,30	2,40	0,15
45	0,30	4,80	0,15
46	3,00	0,80	0,0
47	3,40	0,80	0,0
48	3,50	4,80	0,15
49	3,50	2,40	0,15
50	3,50	0,0	0,15
51	0,30	7,20	0,15
52	3,50	7,20	0,15
53	3,00	0,40	0,0
54	3,40	0,40	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
84	2,20	4,80	0,0
85	2,20	4,40	0,0
86	2,20	4,00	0,0
87	2,20	3,60	0,0
88	2,20	3,20	0,0
89	2,20	2,80	0,0
90	2,20	2,40	0,0
91	2,20	2,00	0,0
92	2,20	1,60	0,0
93	2,20	1,20	0,0
94	2,20	0,80	0,0
95	2,20	0,40	0,0
96	2,20	0,0	0,0
97	1,80	7,20	0,0
98	1,80	6,80	0,0
99	1,80	6,40	0,0
100	1,80	6,00	0,0
101	1,80	5,60	0,0
102	1,80	5,20	0,0
103	1,80	4,80	0,0
104	1,80	4,40	0,0
105	1,80	4,00	0,0
106	1,80	3,60	0,0
107	1,80	3,20	0,0
108	1,80	2,80	0,0
109	1,80	2,40	0,0
110	1,80	2,00	0,0
111	1,80	1,60	0,0
112	1,80	1,20	0,0
113	1,80	0,80	0,0
114	1,80	0,40	0,0
115	1,80	0,0	0,0
116	1,40	7,20	0,0
117	1,40	6,80	0,0
118	1,40	6,40	0,0
119	1,40	6,00	0,0
120	1,40	5,60	0,0
121	1,40	5,20	0,0
122	1,40	4,80	0,0
123	1,40	4,40	0,0
124	1,40	4,00	0,0
125	1,40	3,60	0,0
126	1,40	3,20	0,0
127	1,40	2,80	0,0
128	1,40	2,40	0,0
129	1,40	2,00	0,0
130	1,40	1,60	0,0
131	1,40	1,20	0,0
132	1,40	0,80	0,0
133	1,40	0,40	0,0
134	1,40	0,0	0,0
135	1,00	7,20	0,0
136	1,00	6,80	0,0
137	1,00	6,40	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
166	0,60	2,40	0,0
167	0,60	2,00	0,0
168	0,60	1,60	0,0
169	0,60	1,20	0,0
170	0,60	0,80	0,0
171	0,60	0,40	0,0
172	0,60	0,0	0,0
173	0,20	6,80	0,0
174	0,20	6,40	0,0
175	0,20	6,00	0,0
176	0,20	5,60	0,0
177	0,20	5,20	0,0
178	0,20	4,40	0,0
179	0,20	4,00	0,0
180	0,20	3,60	0,0
181	0,20	3,20	0,0
182	0,20	2,80	0,0
183	0,20	2,00	0,0
184	0,20	1,60	0,0
185	0,20	1,20	0,0
186	0,20	0,80	0,0
187	0,20	0,40	0,0
188	3,80	7,21	0,0
189	3,80	7,60	0,0
191	3,80	6,43	0,0
192	3,80	6,82	0,0
193	3,42	7,60	0,0
194	3,80	6,04	0,0
195	3,80	5,65	0,0
197	3,80	4,87	0,0
198	3,80	5,26	0,0
199	3,80	4,09	0,0
200	3,80	4,48	0,0
201	3,80	3,70	0,0
202	3,04	7,60	0,0
203	2,66	7,60	0,0
204	2,28	7,60	0,0
205	1,90	7,60	0,0
206	3,80	2,92	0,0
207	3,80	3,31	0,0
208	3,80	2,14	0,0
209	3,80	2,53	0,0
211	3,80	1,75	0,0
212	3,80	1,36	0,0
213	3,80	0,19	0,0
214	3,80	0,58	0,0
215	3,80	0,97	0,0
217	3,80	-0,20	0,0
218	3,42	-0,20	0,0
219	3,04	-0,20	0,0
220	2,66	-0,20	0,0
221	2,28	-0,20	0,0
222	1,90	-0,20	0,0
223	1,52	7,60	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
55	3,00	7,20	0,0
56	2,60	7,20	0,0
57	2,60	6,80	0,0
58	2,60	6,40	0,0
59	2,60	6,00	0,0
60	2,60	5,60	0,0
61	2,60	5,20	0,0
62	2,60	4,80	0,0
63	3,00	4,80	0,0
64	2,60	4,40	0,0
65	2,60	4,00	0,0
66	2,60	3,60	0,0
67	2,60	3,20	0,0
68	2,60	2,80	0,0
69	2,60	2,40	0,0
70	3,00	2,40	0,0
71	2,60	2,00	0,0
72	2,60	1,60	0,0
73	2,60	1,20	0,0
74	2,60	0,80	0,0
75	2,60	0,40	0,0
76	2,60	0,0	0,0
77	3,00	0,0	0,0
78	2,20	7,20	0,0
79	2,20	6,80	0,0
80	2,20	6,40	0,0
81	2,20	6,00	0,0
82	2,20	5,60	0,0
83	2,20	5,20	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
138	1,00	6,00	0,0
139	1,00	5,60	0,0
140	1,00	5,20	0,0
141	1,00	4,80	0,0
142	1,00	4,40	0,0
143	1,00	4,00	0,0
144	1,00	3,60	0,0
145	1,00	3,20	0,0
146	1,00	2,80	0,0
147	1,00	2,40	0,0
148	1,00	2,00	0,0
149	1,00	1,60	0,0
150	1,00	1,20	0,0
151	1,00	0,80	0,0
152	1,00	0,40	0,0
153	1,00	0,0	0,0
154	0,60	7,20	0,0
155	0,60	6,80	0,0
156	0,60	6,40	0,0
157	0,60	6,00	0,0
158	0,60	5,60	0,0
159	0,60	5,20	0,0
160	0,60	4,80	0,0
161	0,60	4,40	0,0
162	0,60	4,00	0,0
163	0,60	3,60	0,0
164	0,60	3,20	0,0
165	0,60	2,80	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
224	1,14	7,60	0,0
225	0,76	7,60	0,0
226	0,38	7,60	0,0
229	0,0	7,21	0,0
230	0,0	6,43	0,0
231	0,0	7,60	0,0
232	0,0	6,82	0,0
233	0,0	5,65	0,0
234	0,0	6,04	0,0
235	0,0	5,26	0,0
236	0,0	4,87	0,0
237	0,0	4,48	0,0
238	0,0	4,09	0,0
239	0,0	3,70	0,0
241	0,0	3,31	0,0
243	1,14	-0,20	0,0
244	1,52	-0,20	0,0
245	0,76	-0,20	0,0
246	0,38	-0,20	0,0
247	0,0	-0,20	0,0
248	0,0	2,53	0,0
249	0,0	2,14	0,0
250	0,0	2,92	0,0
251	0,0	1,75	0,0
252	0,0	1,36	0,0
253	0,0	0,97	0,0
254	0,0	0,58	0,0
255	0,0	0,19	0,0

## Pannelli

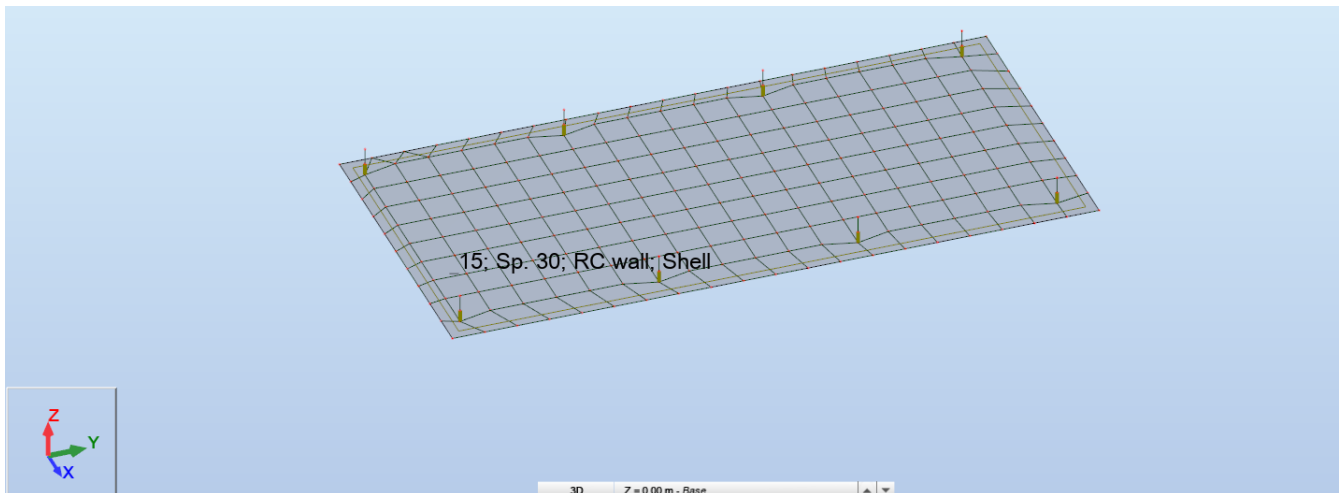


FIG. 24 – Numerazione Pannelli

Pannello	Spessore	Materiale	Tipo di Meshatura	Oggetto di costruzione
15	Fondazione 30cm	C25/30	Cons	Pannello

Nota: il programma di calcolo raggruppa gli elementi finiti tipo Shell in pannelli. Per il progetto della presente fondazione si è prodotto un pannello (N°15) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

## CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO

### CONDIZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano le condizioni di carico ed i vari valori dei carichi applicati nel modello di calcolo

#### Lista Condizioni di Carico

Condizione	Nome della condizione	Natura	Tipo di analisi
1	G1	Permanenti	Statica lineare
2	G2	Perm.Non-str.	Statica lineare
3	Q	Categoria E	Statica lineare
4	N	Neve H<1000	Statica lineare
5	Vx+	Vento	Statica lineare
6	Vx-	Vento	Statica lineare
7	Vy+	Vento	Statica lineare
8	Vy-	Vento	Statica lineare
9	T	Termiche	Statica lineare
10	SLD X	Sismiche	Statica lineare
11	SLV X	Sismiche	Statica lineare
12	SLD Y	Sismiche	Statica lineare
13	SLV Y	Sismiche	Statica lineare

#### Tabella dei Carichi – Cabina di Interfaccia – Fondazione

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	1to13	' PZ Negative Factor=1,10
1	G1	nodal force	1	' FX=-0,12(kN) FY=-0,07(kN) FZ=-68,82(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-0,38(kN) FY=-0,11(kN) FZ=-1,55(kN)
3	Q	nodal force	1	' FZ=-6,58(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-0,45(kN) FY=-0,14(kN) FZ=-1,86(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=5,72(kN) FY=0,09(kN) FZ=5,62(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-6,03(kN) FY=0,09(kN) FZ=-3,81(kN)
7	Vy	nodal force	1	' FX=0,30(kN) FY=5,06(kN) FZ=3,56(kN)
8	Vy-	nodal force	1	' FX=0,30(kN) FY=-4,00(kN) FZ=-1,14(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=-0,60(kN) FY=-2,03(kN) FZ=-1,27(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=10,41(kN) FZ=5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	1	' FX=31,37(kN) FZ=15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FY=10,40(kN) FZ=2,71(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FY=31,33(kN) FZ=8,16(kN)
1	G1	nodal force	3	' FX=0,12(kN) FY=-0,07(kN) FZ=-68,82(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=0,38(kN) FY=-0,11(kN) FZ=-1,55(kN)
3	Q	nodal force	3	' FZ=-6,58(kN)
4	N	nodal force	3	' FX=0,45(kN) FY=-0,14(kN) FZ=-1,86(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=4,31(kN) FY=0,09(kN) FZ=-3,14(kN)

6	Vx-	nodal force	3	' FX=-7,45(kN) FY=0,09(kN) FZ=6,29(kN)
7	Vy	nodal force	3	' FX=-0,30(kN) FY=5,06(kN) FZ=3,56(kN)
8	Vy-	nodal force	3	' FX=-0,30(kN) FY=-4,00(kN) FZ=-1,14(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=0,60(kN) FY=-2,03(kN) FZ=-1,27(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=10,41(kN) FZ=-5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	3	' FX=31,37(kN) FZ=-15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FY=10,40(kN) FZ=2,71(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FY=31,33(kN) FZ=8,16(kN)
1	G1	nodal force	21	' FX=-0,12(kN) FY=0,01(kN) FZ=-69,40(kN)
2	G2	nodal force	21	' FX=-0,75(kN) FY=0,02(kN) FZ=-3,40(kN)
3	Q	nodal force	21	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	21	' FX=-0,90(kN) FY=0,02(kN) FZ=-4,08(kN)
5	Vx+	nodal force	21	' FX=6,94(kN) FY=-0,02(kN) FZ=7,18(kN)
6	Vx-	nodal force	21	' FX=-4,21(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-2,20(kN)
7	Vy	nodal force	21	' FX=0,60(kN) FY=4,33(kN) FZ=3,19(kN)
8	Vy-	nodal force	21	' FX=0,60(kN) FY=-4,37(kN) FZ=2,32(kN)
9	T	nodal force	21	' FX=-0,60(kN) FY=-1,60(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	21	' FX=10,41(kN) FZ=5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	21	' FX=31,36(kN) FZ=15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	21	' FY=10,40(kN) FZ=1,63(kN)
13	SLV Y	nodal force	21	' FY=31,33(kN) FZ=4,90(kN)
1	G1	nodal force	23	' FX=0,12(kN) FY=0,01(kN) FZ=-69,40(kN)
2	G2	nodal force	23	' FX=0,75(kN) FY=0,02(kN) FZ=-3,40(kN)
3	Q	nodal force	23	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	23	' FX=0,90(kN) FY=0,02(kN) FZ=-4,08(kN)
5	Vx+	nodal force	23	' FX=4,11(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,74(kN)
6	Vx-	nodal force	23	' FX=-7,04(kN) FY=-0,02(kN) FZ=7,64(kN)
7	Vy	nodal force	23	' FX=-0,60(kN) FY=4,33(kN) FZ=3,19(kN)
8	Vy-	nodal force	23	' FX=-0,60(kN) FY=-4,37(kN) FZ=2,32(kN)
9	T	nodal force	23	' FX=0,60(kN) FY=-1,60(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	23	' FX=10,41(kN) FZ=-5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	23	' FX=31,36(kN) FZ=-15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	23	' FY=10,40(kN) FZ=1,63(kN)
13	SLV Y	nodal force	23	' FY=31,33(kN) FZ=4,90(kN)
1	G1	nodal force	25	' FX=-0,12(kN) FZ=-69,29(kN)
2	G2	nodal force	25	' FX=-0,75(kN) FZ=-3,27(kN)
3	Q	nodal force	25	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	25	' FX=-0,90(kN) FZ=-3,93(kN)
5	Vx+	nodal force	25	' FX=6,84(kN) FZ=7,05(kN)
6	Vx-	nodal force	25	' FX=-3,99(kN) FZ=-2,23(kN)
7	Vy	nodal force	25	' FX=0,60(kN) FY=4,29(kN) FZ=2,92(kN)
8	Vy-	nodal force	25	' FX=0,60(kN) FY=-4,28(kN) FZ=2,30(kN)
9	T	nodal force	25	' FX=-0,60(kN) FY=-0,48(kN) FZ=0,36(kN)
10	SLD X	nodal force	25	' FX=10,40(kN) FZ=5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	25	' FX=31,34(kN) FZ=15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	25	' FY=10,40(kN) FZ=0,54(kN)
13	SLV Y	nodal force	25	' FY=31,33(kN) FZ=1,63(kN)
1	G1	nodal force	27	' FX=0,12(kN) FZ=-69,29(kN)

2	G2	nodal force	27	' FX=0,75(kN) FZ=-3,27(kN)
3	Q	nodal force	27	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	27	' FX=0,90(kN) FZ=-3,93(kN)
5	Vx+	nodal force	27	' FX=4,02(kN) FZ=-1,81(kN)
6	Vx-	nodal force	27	' FX=-6,82(kN) FZ=7,47(kN)
7	Vy	nodal force	27	' FX=-0,60(kN) FY=4,29(kN) FZ=2,92(kN)
8	Vy-	nodal force	27	' FX=-0,60(kN) FY=-4,28(kN) FZ=2,30(kN)
9	T	nodal force	27	' FX=0,60(kN) FY=-0,48(kN) FZ=0,36(kN)
10	SLD X	nodal force	27	' FX=10,40(kN) FZ=-5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	27	' FX=31,34(kN) FZ=-15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	27	' FY=10,40(kN) FZ=0,54(kN)
13	SLV Y	nodal force	27	' FY=31,33(kN) FZ=1,63(kN)
1	G1	nodal force	29	' FX=-0,12(kN) FZ=-69,26(kN)
2	G2	nodal force	29	' FX=-0,75(kN) FZ=-3,27(kN)
3	Q	nodal force	29	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	29	' FX=-0,90(kN) FZ=-3,93(kN)
5	Vx+	nodal force	29	' FX=6,84(kN) FZ=7,05(kN)
6	Vx-	nodal force	29	' FX=-3,99(kN) FZ=-2,23(kN)
7	Vy	nodal force	29	' FX=0,60(kN) FY=4,28(kN) FZ=2,30(kN)
8	Vy-	nodal force	29	' FX=0,60(kN) FY=-4,29(kN) FZ=2,92(kN)
9	T	nodal force	29	' FX=-0,60(kN) FY=0,48(kN) FZ=0,36(kN)
10	SLD X	nodal force	29	' FX=10,40(kN) FZ=5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	29	' FX=31,33(kN) FZ=15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	29	' FY=10,40(kN) FZ=-0,54(kN)
13	SLV Y	nodal force	29	' FY=31,33(kN) FZ=-1,63(kN)
1	G1	nodal force	31	' FX=0,12(kN) FZ=-69,26(kN)
2	G2	nodal force	31	' FX=0,75(kN) FZ=-3,27(kN)
3	Q	nodal force	31	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	31	' FX=0,90(kN) FZ=-3,93(kN)
5	Vx+	nodal force	31	' FX=4,02(kN) FZ=-1,81(kN)
6	Vx-	nodal force	31	' FX=-6,82(kN) FZ=7,47(kN)
7	Vy	nodal force	31	' FX=-0,60(kN) FY=4,28(kN) FZ=2,30(kN)
8	Vy-	nodal force	31	' FX=-0,60(kN) FY=-4,29(kN) FZ=2,92(kN)
9	T	nodal force	31	' FX=0,60(kN) FY=0,48(kN) FZ=0,36(kN)
10	SLD X	nodal force	31	' FX=10,40(kN) FZ=-5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	31	' FX=31,33(kN) FZ=-15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	31	' FY=10,40(kN) FZ=-0,54(kN)
13	SLV Y	nodal force	31	' FY=31,33(kN) FZ=-1,63(kN)
1	G1	nodal force	33	' FX=-0,12(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-69,30(kN)
2	G2	nodal force	33	' FX=-0,75(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-3,40(kN)
3	Q	nodal force	33	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	33	' FX=-0,90(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-4,08(kN)
5	Vx+	nodal force	33	' FX=6,94(kN) FY=0,02(kN) FZ=7,18(kN)
6	Vx-	nodal force	33	' FX=-4,21(kN) FY=0,02(kN) FZ=-2,20(kN)
7	Vy	nodal force	33	' FX=0,60(kN) FY=4,37(kN) FZ=2,32(kN)
8	Vy-	nodal force	33	' FX=0,60(kN) FY=-4,33(kN) FZ=3,19(kN)
9	T	nodal force	33	' FX=-0,60(kN) FY=1,60(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	33	' FX=10,39(kN) FZ=5,20(kN)



11	SLV X	nodal force	33	' FX=31,31(kN) FZ=15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	33	' FY=10,40(kN) FZ=-1,63(kN)
13	SLV Y	nodal force	33	' FY=31,33(kN) FZ=-4,90(kN)
1	G1	nodal force	35	' FX=0,12(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-69,30(kN)
2	G2	nodal force	35	' FX=0,75(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-3,40(kN)
3	Q	nodal force	35	' FZ=-13,16(kN)
4	N	nodal force	35	' FX=0,90(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-4,08(kN)
5	Vx+	nodal force	35	' FX=4,11(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,74(kN)
6	Vx-	nodal force	35	' FX=-7,04(kN) FY=0,02(kN) FZ=7,64(kN)
7	Vy	nodal force	35	' FX=-0,60(kN) FY=4,37(kN) FZ=2,32(kN)
8	Vy-	nodal force	35	' FX=-0,60(kN) FY=-4,33(kN) FZ=3,19(kN)
9	T	nodal force	35	' FX=0,60(kN) FY=1,60(kN) FZ=0,92(kN)
10	SLD X	nodal force	35	' FX=10,39(kN) FZ=-5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	35	' FX=31,31(kN) FZ=-15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	35	' FY=10,40(kN) FZ=-1,63(kN)
13	SLV Y	nodal force	35	' FY=31,33(kN) FZ=-4,90(kN)
1	G1	nodal force	37	' FX=-0,12(kN) FY=0,07(kN) FZ=-68,65(kN)
2	G2	nodal force	37	' FX=-0,38(kN) FY=0,11(kN) FZ=-1,55(kN)
3	Q	nodal force	37	' FZ=-6,58(kN)
4	N	nodal force	37	' FX=-0,45(kN) FY=0,14(kN) FZ=-1,86(kN)
5	Vx+	nodal force	37	' FX=5,72(kN) FY=-0,09(kN) FZ=5,62(kN)
6	Vx-	nodal force	37	' FX=-6,03(kN) FY=-0,09(kN) FZ=-3,81(kN)
7	Vy	nodal force	37	' FX=0,30(kN) FY=4,00(kN) FZ=-1,14(kN)
8	Vy-	nodal force	37	' FX=0,30(kN) FY=-5,06(kN) FZ=3,56(kN)
9	T	nodal force	37	' FX=-0,60(kN) FY=2,03(kN) FZ=-1,27(kN)
10	SLD X	nodal force	37	' FX=10,39(kN) FZ=5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	37	' FX=31,29(kN) FZ=15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	37	' FY=10,40(kN) FZ=-2,71(kN)
13	SLV Y	nodal force	37	' FY=31,33(kN) FZ=-8,16(kN)
1	G1	nodal force	39	' FX=0,12(kN) FY=0,07(kN) FZ=-68,65(kN)
2	G2	nodal force	39	' FX=0,38(kN) FY=0,11(kN) FZ=-1,55(kN)
3	Q	nodal force	39	' FZ=-6,58(kN)
4	N	nodal force	39	' FX=0,45(kN) FY=0,14(kN) FZ=-1,86(kN)
5	Vx+	nodal force	39	' FX=4,31(kN) FY=-0,09(kN) FZ=-3,14(kN)
6	Vx-	nodal force	39	' FX=-7,45(kN) FY=-0,09(kN) FZ=6,29(kN)
7	Vy	nodal force	39	' FX=-0,30(kN) FY=4,00(kN) FZ=-1,14(kN)
8	Vy-	nodal force	39	' FX=-0,30(kN) FY=-5,06(kN) FZ=3,56(kN)
9	T	nodal force	39	' FX=0,60(kN) FY=2,03(kN) FZ=-1,27(kN)
10	SLD X	nodal force	39	' FX=10,39(kN) FZ=-5,20(kN)
11	SLV X	nodal force	39	' FX=31,29(kN) FZ=-15,67(kN)
12	SLD Y	nodal force	39	' FY=10,40(kN) FZ=-2,71(kN)
13	SLV Y	nodal force	39	' FY=31,33(kN) FZ=-8,16(kN)

**Tabella dei Carichi –Cabina BT/AT – Fondazione**

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	1to9	' PZ Negative Factor=1,10
1	G1	nodal force	1	' FX=-0,05(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-2,07(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-0,09(kN) FY=-0,23(kN) FZ=-20,41(kN)
3	Q	nodal force	1	' FZ=-5,38(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-0,11(kN) FY=-0,28(kN) FZ=-1,49(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=6,00(kN) FY=0,19(kN) FZ=10,51(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-5,85(kN) FY=0,18(kN) FZ=-8,53(kN)
7	Vy+	nodal force	1	' FX=0,07(kN) FY=5,05(kN) FZ=3,63(kN)
8	Vt-	nodal force	1	' FX=0,07(kN) FY=-4,68(kN) FZ=-1,65(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=-0,41(kN) FY=-1,41(kN) FZ=-0,60(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=2,99(kN) FZ=2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	1	' FX=9,00(kN) FY=-0,01(kN) FZ=7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FY=2,92(kN) FZ=0,87(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FY=8,81(kN) FZ=2,62(kN)
1	G1	nodal force	3	' FX=-0,05(kN) FY=0,04(kN) FZ=-2,79(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=-0,18(kN) FY=0,07(kN) FZ=-21,59(kN)
3	Q	nodal force	3	' FZ=-10,37(kN)
4	N	nodal force	3	' FX=-0,22(kN) FY=0,09(kN) FZ=-3,26(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=8,97(kN) FY=-0,05(kN) FZ=12,69(kN)
6	Vx-	nodal force	3	' FX=-8,68(kN) FY=-0,06(kN) FZ=-8,34(kN)
7	Vy+	nodal force	3	' FX=0,15(kN) FY=5,10(kN) FZ=2,48(kN)
8	Vt-	nodal force	3	' FX=0,15(kN) FY=-5,22(kN) FZ=1,86(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=-0,41(kN) FY=-0,67(kN) FZ=0,60(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=2,94(kN) FZ=2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	3	' FX=8,87(kN) FY=-0,01(kN) FZ=7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FY=2,93(kN) FZ=0,27(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FY=8,81(kN) FZ=0,81(kN)
1	G1	nodal force	5	' FX=-0,05(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-2,73(kN)
2	G2	nodal force	5	' FX=-0,18(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-21,20(kN)
3	Q	nodal force	5	' FZ=-10,00(kN)
4	N	nodal force	5	' FX=-0,22(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-3,10(kN)
5	Vx+	nodal force	5	' FX=8,61(kN) FY=0,03(kN) FZ=12,41(kN)
6	Vx-	nodal force	5	' FX=-8,31(kN) FY=0,03(kN) FZ=-8,27(kN)
7	Vy+	nodal force	5	' FX=0,15(kN) FY=5,16(kN) FZ=1,83(kN)
8	Vt-	nodal force	5	' FX=0,15(kN) FY=-5,10(kN) FZ=2,31(kN)
9	T	nodal force	5	' FX=-0,41(kN) FY=0,69(kN) FZ=0,64(kN)
10	SLD X	nodal force	5	' FX=2,90(kN) FZ=2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	5	' FX=8,75(kN) FY=-0,01(kN) FZ=7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	5	' FY=2,93(kN) FZ=-0,29(kN)
13	SLV Y	nodal force	5	' FY=8,81(kN) FZ=-0,87(kN)
1	G1	nodal force	7	' FX=-0,05(kN) FY=0,11(kN) FZ=-2,03(kN)
2	G2	nodal force	7	' FX=-0,09(kN) FY=0,19(kN) FZ=-19,49(kN)
3	Q	nodal force	7	' FZ=-5,00(kN)

4	N	nodal force	7	' FX=-0,11(kN) FY=0,23(kN) FZ=-1,38(kN)
5	Vx+	nodal force	7	' FX=5,69(kN) FY=-0,16(kN) FZ=10,30(kN)
6	Vx-	nodal force	7	' FX=-5,55(kN) FY=-0,15(kN) FZ=-8,46(kN)
7	Vy+	nodal force	7	' FX=0,07(kN) FY=4,70(kN) FZ=-1,79(kN)
8	Vt-	nodal force	7	' FX=0,07(kN) FY=-5,01(kN) FZ=3,64(kN)
9	T	nodal force	7	' FX=-0,41(kN) FY=1,39(kN) FZ=-0,64(kN)
10	SLD X	nodal force	7	' FX=2,86(kN) FZ=2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	7	' FX=8,63(kN) FY=-0,01(kN) FZ=7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	7	' FY=2,92(kN) FZ=-0,85(kN)
13	SLV Y	nodal force	7	' FY=8,81(kN) FZ=-2,56(kN)
1	G1	nodal force	9	' FX=0,05(kN) FY=0,11(kN) FZ=-2,03(kN)
2	G2	nodal force	9	' FX=0,09(kN) FY=0,19(kN) FZ=-19,49(kN)
3	Q	nodal force	9	' FZ=-5,00(kN)
4	N	nodal force	9	' FX=0,11(kN) FY=0,23(kN) FZ=-1,38(kN)
5	Vx+	nodal force	9	' FX=5,55(kN) FY=-0,15(kN) FZ=-8,46(kN)
6	Vx-	nodal force	9	' FX=-5,69(kN) FY=-0,16(kN) FZ=10,30(kN)
7	Vy+	nodal force	9	' FX=-0,07(kN) FY=4,70(kN) FZ=-1,79(kN)
8	Vt-	nodal force	9	' FX=-0,07(kN) FY=-5,01(kN) FZ=3,64(kN)
9	T	nodal force	9	' FX=0,41(kN) FY=1,39(kN) FZ=-0,64(kN)
10	SLD X	nodal force	9	' FX=2,86(kN) FZ=-2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	9	' FX=8,63(kN) FY=0,01(kN) FZ=-7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	9	' FY=2,92(kN) FZ=-0,85(kN)
13	SLV Y	nodal force	9	' FY=8,81(kN) FZ=-2,56(kN)
1	G1	nodal force	11	' FX=0,05(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-2,73(kN)
2	G2	nodal force	11	' FX=0,18(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-21,20(kN)
3	Q	nodal force	11	' FZ=-10,00(kN)
4	N	nodal force	11	' FX=0,22(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-3,10(kN)
5	Vx+	nodal force	11	' FX=8,31(kN) FY=0,03(kN) FZ=-8,27(kN)
6	Vx-	nodal force	11	' FX=-8,61(kN) FY=0,03(kN) FZ=12,41(kN)
7	Vy+	nodal force	11	' FX=-0,15(kN) FY=5,16(kN) FZ=1,83(kN)
8	Vt-	nodal force	11	' FX=-0,15(kN) FY=-5,10(kN) FZ=2,31(kN)
9	T	nodal force	11	' FX=0,41(kN) FY=0,69(kN) FZ=0,64(kN)
10	SLD X	nodal force	11	' FX=2,90(kN) FZ=-2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	11	' FX=8,75(kN) FY=0,01(kN) FZ=-7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	11	' FY=2,93(kN) FZ=-0,29(kN)
13	SLV Y	nodal force	11	' FY=8,81(kN) FZ=-0,87(kN)
1	G1	nodal force	13	' FX=0,05(kN) FY=0,04(kN) FZ=-2,79(kN)
2	G2	nodal force	13	' FX=0,18(kN) FY=0,07(kN) FZ=-21,59(kN)
3	Q	nodal force	13	' FZ=-10,37(kN)
4	N	nodal force	13	' FX=0,22(kN) FY=0,09(kN) FZ=-3,26(kN)
5	Vx+	nodal force	13	' FX=8,68(kN) FY=-0,06(kN) FZ=-8,34(kN)
6	Vx-	nodal force	13	' FX=-8,97(kN) FY=-0,05(kN) FZ=12,69(kN)
7	Vy+	nodal force	13	' FX=-0,15(kN) FY=5,10(kN) FZ=2,48(kN)
8	Vt-	nodal force	13	' FX=-0,15(kN) FY=-5,22(kN) FZ=1,86(kN)
9	T	nodal force	13	' FX=0,41(kN) FY=-0,67(kN) FZ=0,60(kN)
10	SLD X	nodal force	13	' FX=2,94(kN) FZ=-2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	13	' FX=8,87(kN) FY=0,01(kN) FZ=-7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	13	' FY=2,93(kN) FZ=0,27(kN)

13	SLV Y	nodal force	13	' FY=8,81(kN) FZ=0,81(kN)
1	G1	nodal force	15	' FX=0,05(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-2,07(kN)
2	G2	nodal force	15	' FX=0,09(kN) FY=-0,23(kN) FZ=-20,41(kN)
3	Q	nodal force	15	' FZ=-5,38(kN)
4	N	nodal force	15	' FX=0,11(kN) FY=-0,28(kN) FZ=-1,49(kN)
5	Vx+	nodal force	15	' FX=5,85(kN) FY=0,18(kN) FZ=-8,53(kN)
6	Vx-	nodal force	15	' FX=-6,00(kN) FY=0,19(kN) FZ=10,51(kN)
7	Vy+	nodal force	15	' FX=-0,07(kN) FY=5,05(kN) FZ=3,63(kN)
8	Vt-	nodal force	15	' FX=-0,07(kN) FY=-4,68(kN) FZ=-1,65(kN)
9	T	nodal force	15	' FX=0,41(kN) FY=-1,41(kN) FZ=-0,60(kN)
10	SLD X	nodal force	15	' FX=2,99(kN) FZ=-2,34(kN)
11	SLV V	nodal force	15	' FX=9,00(kN) FY=0,01(kN) FZ=-7,05(kN)
12	SLD Y	nodal force	15	' FY=2,92(kN) FZ=0,87(kN)
13	SLV Y	nodal force	15	' FY=8,81(kN) FZ=2,62(kN)

### Tabella dei Carichi – Cabina Idrogeno 36 kV– Fondazione

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	1 3to8	' PZ Negative Factor=1,15
1	G1	nodal force	1	' FX=-0,03(kN) FY=-0,07(kN) FZ=-1,98(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-0,04(kN) FY=-0,12(kN) FZ=-18,24(kN)
3	Q	nodal force	1	' FZ=-3,20(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-0,04(kN) FY=-0,12(kN) FZ=-0,71(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=4,02(kN) FY=0,17(kN) FZ=6,37(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-4,64(kN) FY=0,17(kN) FZ=-4,27(kN)
7	Vy	nodal force	1	' FX=0,06(kN) FY=4,54(kN) FZ=5,65(kN)
8	Vy-	nodal force	1	' FX=0,06(kN) FY=-4,71(kN) FZ=-3,58(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=-0,80(kN) FY=-0,21(kN) FZ=-0,44(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=3,33(kN) FZ=2,50(kN)
11	SLV X	nodal force	1	' FX=9,00(kN) FZ=6,75(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FY=3,33(kN) FZ=2,22(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FY=9,00(kN) FZ=6,00(kN)
1	G1	nodal force	2	' FY=-0,07(kN) FZ=-2,23(kN)
2	G2	nodal force	2	' FY=-0,25(kN) FZ=-19,03(kN)
3	Q	nodal force	2	' FZ=-6,40(kN)
4	N	nodal force	2	' FY=-0,24(kN) FZ=-1,46(kN)
5	Vx+	nodal force	2	' FX=4,70(kN) FY=0,34(kN) FZ=2,10(kN)
6	Vx-	nodal force	2	' FX=-4,70(kN) FY=0,34(kN) FZ=2,10(kN)
7	Vy	nodal force	2	' FY=3,49(kN) FZ=6,66(kN)
8	Vy-	nodal force	2	' FY=-3,83(kN) FZ=-2,39(kN)
9	T	nodal force	2	' FY=-0,21(kN) FZ=0,89(kN)
10	SLD X	nodal force	2	' FX=3,33(kN)
11	SLV X	nodal force	2	' FX=9,00(kN)
12	SLD Y	nodal force	2	' FY=3,33(kN) FZ=2,22(kN)
13	SLV Y	nodal force	2	' FY=9,00(kN) FZ=6,00(kN)

1	G1	nodal force	3	' FX=0,03(kN) FY=-0,07(kN) FZ=-1,98(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=0,04(kN) FY=-0,12(kN) FZ=-18,24(kN)
3	Q	nodal force	3	' FZ=-3,20(kN)
4	N	nodal force	3	' FX=0,04(kN) FY=-0,12(kN) FZ=-0,71(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=4,64(kN) FY=0,17(kN) FZ=-4,27(kN)
6	Vx-	nodal force	3	' FX=-4,02(kN) FY=0,17(kN) FZ=6,37(kN)
7	Vy	nodal force	3	' FX=-0,06(kN) FY=4,54(kN) FZ=5,65(kN)
8	Vy-	nodal force	3	' FX=-0,06(kN) FY=-4,71(kN) FZ=-3,58(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=0,80(kN) FY=-0,21(kN) FZ=-0,44(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=3,33(kN) FZ=-2,50(kN)
11	SLV X	nodal force	3	' FX=9,00(kN) FZ=-6,75(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FY=3,33(kN) FZ=2,22(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FY=9,00(kN) FZ=6,00(kN)
1	G1	nodal force	4	' FX=-0,03(kN) FY=0,07(kN) FZ=-1,98(kN)
2	G2	nodal force	4	' FX=-0,04(kN) FY=0,12(kN) FZ=-18,24(kN)
3	Q	nodal force	4	' FZ=-3,20(kN)
4	N	nodal force	4	' FX=-0,04(kN) FY=0,12(kN) FZ=-0,71(kN)
5	Vx+	nodal force	4	' FX=4,02(kN) FY=-0,17(kN) FZ=6,37(kN)
6	Vx-	nodal force	4	' FX=-4,64(kN) FY=-0,17(kN) FZ=-4,27(kN)
7	Vy	nodal force	4	' FX=0,06(kN) FY=4,71(kN) FZ=-3,58(kN)
8	Vy-	nodal force	4	' FX=0,06(kN) FY=-4,54(kN) FZ=5,65(kN)
9	T	nodal force	4	' FX=-0,80(kN) FY=0,21(kN) FZ=-0,44(kN)
10	SLD X	nodal force	4	' FX=3,33(kN) FZ=2,50(kN)
11	SLV X	nodal force	4	' FX=9,00(kN) FZ=6,75(kN)
12	SLD Y	nodal force	4	' FY=3,33(kN) FZ=-2,22(kN)
13	SLV Y	nodal force	4	' FY=9,00(kN) FZ=-6,00(kN)
1	G1	nodal force	5	' FY=0,07(kN) FZ=-2,23(kN)
2	G2	nodal force	5	' FY=0,25(kN) FZ=-19,03(kN)
3	Q	nodal force	5	' FZ=-6,40(kN)
4	N	nodal force	5	' FY=0,24(kN) FZ=-1,46(kN)
5	Vx+	nodal force	5	' FX=4,70(kN) FY=-0,34(kN) FZ=2,10(kN)
6	Vx-	nodal force	5	' FX=-4,70(kN) FY=-0,34(kN) FZ=2,10(kN)
7	Vy	nodal force	5	' FY=3,83(kN) FZ=-2,39(kN)
8	Vy-	nodal force	5	' FY=-3,49(kN) FZ=6,66(kN)
9	T	nodal force	5	' FY=0,21(kN) FZ=0,89(kN)
10	SLD X	nodal force	5	' FX=3,33(kN)
11	SLV X	nodal force	5	' FX=9,00(kN)
12	SLD Y	nodal force	5	' FY=3,33(kN) FZ=-2,22(kN)
13	SLV Y	nodal force	5	' FY=9,00(kN) FZ=-6,00(kN)
1	G1	nodal force	6	' FX=0,03(kN) FY=0,07(kN) FZ=-1,98(kN)
2	G2	nodal force	6	' FX=0,04(kN) FY=0,12(kN) FZ=-18,24(kN)
3	Q	nodal force	6	' FZ=-3,20(kN)
4	N	nodal force	6	' FX=0,04(kN) FY=0,12(kN) FZ=-0,71(kN)
5	Vx+	nodal force	6	' FX=4,64(kN) FY=-0,17(kN) FZ=-4,27(kN)
6	Vx-	nodal force	6	' FX=-4,02(kN) FY=-0,17(kN) FZ=6,37(kN)
7	Vy	nodal force	6	' FX=-0,06(kN) FY=4,71(kN) FZ=-3,58(kN)
8	Vy-	nodal force	6	' FX=-0,06(kN) FY=-4,54(kN) FZ=5,65(kN)
9	T	nodal force	6	' FX=0,80(kN) FY=0,21(kN) FZ=-0,44(kN)

10	SLD X	nodal force	6	' FX=3,33(kN) FZ=-2,50(kN)
11	SLV X	nodal force	6	' FX=9,00(kN) FZ=-6,75(kN)
12	SLD Y	nodal force	6	' FY=3,33(kN) FZ=-2,22(kN)
13	SLV Y	nodal force	6	' FY=9,00(kN) FZ=-6,00(kN)

### Tabella dei Carichi – Cabina Idrogeno 20 kV– Fondazione

Di seguito si riportano i valori delle reazioni vincolari, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

Condiz.	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	self-weight	3to10 15	' PZ Negative Factor=1,00
1	G1	nodal force	1	' FX=-0,08(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,81(kN)
2	G2	nodal force	1	' FX=-0,16(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-34,81(kN)
3	Q	nodal force	1	' FZ=-3,20(kN)
4	N	nodal force	1	' FX=-0,20(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-0,91(kN)
5	Vx+	nodal force	1	' FX=4,13(kN) FZ=4,40(kN)
6	Vx-	nodal force	1	' FX=-3,86(kN) FY=0,03(kN) FZ=-3,18(kN)
7	Vy	nodal force	1	' FX=0,13(kN) FY=3,67(kN) FZ=3,58(kN)
8	Vy-	nodal force	1	' FX=0,13(kN) FY=-3,64(kN) FZ=-2,36(kN)
9	T	nodal force	1	' FX=-0,50(kN) FY=-1,09(kN) FZ=-1,14(kN)
10	SLD X	nodal force	1	' FX=5,24(kN) FY=-0,08(kN) FZ=2,93(kN)
11	SLV X	nodal force	1	' FX=15,78(kN) FY=-0,25(kN) FZ=8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	1	' FY=4,68(kN) FZ=2,63(kN)
13	SLV Y	nodal force	1	' FY=14,10(kN) FZ=7,94(kN)
1	G1	nodal force	3	' FX=-0,08(kN) FY=0,01(kN) FZ=-2,20(kN)
2	G2	nodal force	3	' FX=-0,33(kN) FZ=-33,58(kN)
3	Q	nodal force	3	' FZ=-6,40(kN)
4	N	nodal force	3	' FX=-0,39(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,97(kN)
5	Vx+	nodal force	3	' FX=4,49(kN) FY=-0,02(kN) FZ=5,13(kN)
6	Vx-	nodal force	3	' FX=-3,97(kN) FY=0,01(kN) FZ=-2,51(kN)
7	Vy	nodal force	3	' FX=0,26(kN) FY=2,80(kN) FZ=1,91(kN)
8	Vy-	nodal force	3	' FX=0,26(kN) FY=-2,81(kN) FZ=0,72(kN)
9	T	nodal force	3	' FX=-0,50(kN) FY=-0,67(kN) FZ=1,01(kN)
10	SLD X	nodal force	3	' FX=4,95(kN) FY=-0,08(kN) FZ=2,93(kN)
11	SLV X	nodal force	3	' FX=14,90(kN) FY=-0,25(kN) FZ=8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	3	' FY=4,68(kN) FZ=1,26(kN)
13	SLV Y	nodal force	3	' FY=14,10(kN) FZ=3,80(kN)
1	G1	nodal force	5	' FX=-0,08(kN) FZ=-2,16(kN)
2	G2	nodal force	5	' FX=-0,33(kN) FZ=-31,44(kN)
3	Q	nodal force	5	' FZ=-6,40(kN)
4	N	nodal force	5	' FX=-0,39(kN) FZ=-1,94(kN)
5	Vx+	nodal force	5	' FX=4,40(kN) FY=-0,01(kN) FZ=5,07(kN)
6	Vx-	nodal force	5	' FX=-3,87(kN) FY=0,01(kN) FZ=-2,48(kN)
7	Vy	nodal force	5	' FX=0,26(kN) FY=2,77(kN) FZ=1,17(kN)
8	Vy-	nodal force	5	' FX=0,26(kN) FY=-2,77(kN) FZ=1,41(kN)
9	T	nodal force	5	' FX=-0,50(kN) FY=0,03(kN) FZ=0,28(kN)
10	SLD X	nodal force	5	' FX=4,66(kN) FY=-0,08(kN) FZ=2,93(kN)

11	SLV X	nodal force	5	' FX=14,03(kN) FY=-0,25(kN) FZ=8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	5	' FY=4,68(kN) FZ=-0,11(kN)
13	SLV Y	nodal force	5	' FY=14,10(kN) FZ=-0,33(kN)
1	G1	nodal force	11	' FX=0,08(kN) FZ=-2,16(kN)
2	G2	nodal force	11	' FX=0,33(kN) FZ=-31,44(kN)
3	Q	nodal force	11	' FZ=-6,40(kN)
4	N	nodal force	11	' FX=0,39(kN) FZ=-1,94(kN)
5	Vx+	nodal force	11	' FX=3,87(kN) FY=0,01(kN) FZ=-2,48(kN)
6	Vx-	nodal force	11	' FX=-4,40(kN) FY=-0,01(kN) FZ=5,07(kN)
7	Vy	nodal force	11	' FX=-0,26(kN) FY=2,77(kN) FZ=1,17(kN)
8	Vy-	nodal force	11	' FX=-0,26(kN) FY=-2,77(kN) FZ=1,41(kN)
9	T	nodal force	11	' FX=0,50(kN) FY=0,03(kN) FZ=0,28(kN)
10	SLD X	nodal force	11	' FX=4,66(kN) FY=0,08(kN) FZ=-2,93(kN)
11	SLV X	nodal force	11	' FX=14,03(kN) FY=0,25(kN) FZ=-8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	11	' FY=4,68(kN) FZ=-0,11(kN)
13	SLV Y	nodal force	11	' FY=14,10(kN) FZ=-0,33(kN)
1	G1	nodal force	13	' FX=0,08(kN) FY=0,01(kN) FZ=-2,20(kN)
2	G2	nodal force	13	' FX=0,33(kN) FZ=-33,58(kN)
3	Q	nodal force	13	' FZ=-6,40(kN)
4	N	nodal force	13	' FX=0,39(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,97(kN)
5	Vx+	nodal force	13	' FX=3,97(kN) FY=0,01(kN) FZ=-2,51(kN)
6	Vx-	nodal force	13	' FX=-4,49(kN) FY=-0,02(kN) FZ=5,13(kN)
7	Vy	nodal force	13	' FX=-0,26(kN) FY=2,80(kN) FZ=1,91(kN)
8	Vy-	nodal force	13	' FX=-0,26(kN) FY=-2,81(kN) FZ=0,72(kN)
9	T	nodal force	13	' FX=0,50(kN) FY=-0,67(kN) FZ=1,01(kN)
10	SLD X	nodal force	13	' FX=4,95(kN) FY=0,08(kN) FZ=-2,93(kN)
11	SLV X	nodal force	13	' FX=14,90(kN) FY=0,25(kN) FZ=-8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	13	' FY=4,68(kN) FZ=1,26(kN)
13	SLV Y	nodal force	13	' FY=14,10(kN) FZ=3,80(kN)
1	G1	nodal force	15	' FX=0,08(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,81(kN)
2	G2	nodal force	15	' FX=0,16(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-34,81(kN)
3	Q	nodal force	15	' FZ=-3,20(kN)
4	N	nodal force	15	' FX=0,20(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-0,91(kN)
5	Vx+	nodal force	15	' FX=3,86(kN) FY=0,03(kN) FZ=-3,18(kN)
6	Vx-	nodal force	15	' FX=-4,13(kN) FZ=4,40(kN)
7	Vy	nodal force	15	' FX=-0,13(kN) FY=3,67(kN) FZ=3,58(kN)
8	Vy-	nodal force	15	' FX=-0,13(kN) FY=-3,64(kN) FZ=-2,36(kN)
9	T	nodal force	15	' FX=0,50(kN) FY=-1,09(kN) FZ=-1,14(kN)
10	SLD X	nodal force	15	' FX=5,24(kN) FY=0,08(kN) FZ=-2,93(kN)
11	SLV X	nodal force	15	' FX=15,78(kN) FY=0,25(kN) FZ=-8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	15	' FY=4,68(kN) FZ=2,63(kN)
13	SLV Y	nodal force	15	' FY=14,10(kN) FZ=7,94(kN)
1	G1	nodal force	18	' FX=-0,08(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,69(kN)
2	G2	nodal force	18	' FX=-0,11(kN) FZ=-26,89(kN)
3	Q	nodal force	18	' FZ=-1,92(kN)
4	N	nodal force	18	' FX=-0,13(kN) FY=0,01(kN) FZ=-0,53(kN)
5	Vx+	nodal force	18	' FX=3,23(kN) FY=-0,02(kN) FZ=4,02(kN)
6	Vx-	nodal force	18	' FX=-3,05(kN) FY=0,01(kN) FZ=-3,31(kN)

7	Vy	nodal force	18	' FX=0,09(kN) FY=3,50(kN) FZ=-3,52(kN)
8	Vy-	nodal force	18	' FX=0,09(kN) FY=-3,50(kN) FZ=4,22(kN)
9	T	nodal force	18	' FX=-0,50(kN) FY=1,00(kN) FZ=-1,87(kN)
10	SLD X	nodal force	18	' FX=4,19(kN) FY=-0,08(kN) FZ=2,92(kN)
11	SLV X	nodal force	18	' FX=12,63(kN) FY=-0,25(kN) FZ=8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	18	' FY=4,68(kN) FZ=-2,30(kN)
13	SLV Y	nodal force	18	' FY=14,10(kN) FZ=-6,94(kN)
1	G1	nodal force	20	' FX=0,08(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,69(kN)
2	G2	nodal force	20	' FX=0,11(kN) FZ=-26,89(kN)
3	Q	nodal force	20	' FZ=-1,92(kN)
4	N	nodal force	20	' FX=0,13(kN) FY=0,01(kN) FZ=-0,53(kN)
5	Vx+	nodal force	20	' FX=3,05(kN) FY=0,01(kN) FZ=-3,31(kN)
6	Vx-	nodal force	20	' FX=-3,23(kN) FY=-0,02(kN) FZ=4,02(kN)
7	Vy	nodal force	20	' FX=-0,09(kN) FY=3,50(kN) FZ=-3,52(kN)
8	Vy-	nodal force	20	' FX=-0,09(kN) FY=-3,50(kN) FZ=4,22(kN)
9	T	nodal force	20	' FX=0,50(kN) FY=1,00(kN) FZ=-1,87(kN)
10	SLD X	nodal force	20	' FX=4,19(kN) FY=0,08(kN) FZ=-2,92(kN)
11	SLV X	nodal force	20	' FX=12,63(kN) FY=0,25(kN) FZ=-8,81(kN)
12	SLD Y	nodal force	20	' FY=4,68(kN) FZ=-2,30(kN)
13	SLV Y	nodal force	20	' FY=14,10(kN) FZ=-6,94(kN)

### Combinazioni di carico

Comb.	Nome	Tipo comb.	Definizione
14	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+5)*1.50+4*0.75+9*0.90
15	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+5)*1.50+4*0.75+9*-0.90
16	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+6)*1.50+4*0.75+9*0.90
17	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+6)*1.50+4*0.75+9*-0.90
18	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+7)*1.50+4*0.75+9*0.90
19	1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+7)*1.50+4*0.75+9*-0.90
20	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+8)*1.50+4*0.75+9*0.90
21	1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+8)*1.50+4*0.75+9*-0.90
22	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(5+9)*0.90
23	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+5*0.90+9*-0.90
24	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(6+9)*0.90
25	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+6*0.90+9*-0.90
26	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(7+9)*0.90
27	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+7*0.90+9*-0.90
28	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+(8+9)*0.90
29	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	SLU	1*1.30+(2+3+4)*1.50+8*0.90+9*-0.90
30	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+5*0.90
31	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+5*0.90
32	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+6*0.90
33	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+6*0.90
34	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+7*0.90
35	1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+7*0.90
36	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+8*0.90
37	1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	SLU	1*1.30+(2+3+9)*1.50+4*0.75+8*0.90
38	1,0G1+0,8G2+1,5Vx	SLU	1*1.00+2*0.80+5*1.50
39	1,0G1+0,8G2-1,5Vx	SLU	1*1.00+2*0.80+6*1.50
40	1,0G1+0,8G2+1,5Vy	SLU	1*1.00+2*0.80+7*1.50
41	1,0G1+0,8G2-1,5Vy	SLU	1*1.00+2*0.80+8*1.50
42	G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2+11)*1.00+3*0.80+13*0.30
43	G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2+11)*1.00+3*0.80+13*-0.30
44	G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+11*1.00+13*0.30
45	G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV)	SLU Sismica	(1+2)*1.00+3*0.80+11*-1.00+13*-0.30



Comb.	Nome	Tipo comb.	Definizione
46	G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	$(1+2+13)*1.00+3*0.80+11*0.30$
47	G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	$(1+2+13)*1.00+3*0.80+11*0.30$
48	G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	$(1+2)*1.00+3*0.80+11*0.30+13*-1.00$
49	G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV)	SLU Sismica	$(1+2)*1.00+3*0.80+11*0.30+13*-1.00$
50	G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	$(1+2+10)*1.00+3*0.80+12*0.30$
51	G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	$(1+2+10)*1.00+3*0.80+12*0.30$
52	G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*-1.00+12*0.30$
53	G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLD)	SLE Sismica	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*-1.00+12*0.30$
54	G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	$(1+2+12)*1.00+3*0.80+10*0.30$
55	G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	$(1+2+12)*1.00+3*0.80+10*0.30$
56	G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*0.30+12*-1.00$
57	G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLD)	SLE Sismica	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*-0.30+12*-1.00$
58	G1+G2+0.9Q	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.90$
59	G1+G2+0.8Q+0.2Vx	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+5*0.20$
60	G1+G2+0.8Q-0.2Vx	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+6*0.20$
61	G1+G2+0.8Q+0.2Vy	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+7*0.20$
62	G1+G2+0.8Q-0.2Vy	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+8*0.20$
63	G1+G2+0.8Q+0.2N	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+4*0.20$
64	G1+G2+0.8Q+0.5T	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+9*0.50$
65	G1+G2+0.8Q-0.5T	SLE: FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+9*0.50$
66	G1+G2+0.8Q	SLE: QPR	$(1+2)*1.00+3*0.80$
67	0,9G1+0,8G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	SLE EQU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50+4*0.75$
68	0,9G1+0,8G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	SLE EQU	$1*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50+4*0.75+9*-0.90$
69	0,9G1+0,8G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	SLE EQU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50+4*0.75$
70	0,9G1+0,8G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	SLE EQU	$1*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50+4*0.75+9*-0.90$
71	0,9G1+0,8G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	SLE EQU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50+4*0.75$
72	0,9G1+0,8G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	SLE EQU	$1*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50+4*0.75+9*-0.90$
73	0,9G1+0,8G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	SLE EQU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50+4*0.75$
74	0,9G1+0,8G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	SLE EQU	$1*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50+4*0.75+9*-0.90$
75	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+5+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
76	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+5)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
77	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+6+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
78	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+6)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
79	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+7+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
80	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+7)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
81	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	SLE EQU	$(1+8+9)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50$
82	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	SLE EQU	$(1+8)*0.90+2*0.80+(3+4)*1.50+9*-0.90$
83	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+5)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
84	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+5)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$
85	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+6)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
86	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+6)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$
87	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+7)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
88	0,9G1+0,8G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+7)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$
89	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	SLE EQU	$(1+8)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50+4*0.75$
90	0,9G1+0,8G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	SLE EQU	$(1+8)*0.90+2*0.80+3*1.50+4*0.75+9*-1.50$

## DATI DI OUTPUT

In accordo al cap. 6.4.2, 7.4 e 4.1 del D.M. 17/01/18 vengono eseguite le seguenti verifiche per gli Stati Limite indicati:

Stato Limite Ultimo (SLU e SLV)

- Resistenza elementi strutturali
- Verifica a flessione e taglio (SLU)
- Verifica a Ribaltamento (SLU-EQU)
- Verifica a Scorrimento (SLU-GEO)
- Verifica a capacità portante (SLU-GEO)

Stato Limite di Esercizio (SLE)

- Verifiche di fessurazione
- Verifiche a cedimento

**Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabina di interfaccia 36KV**

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

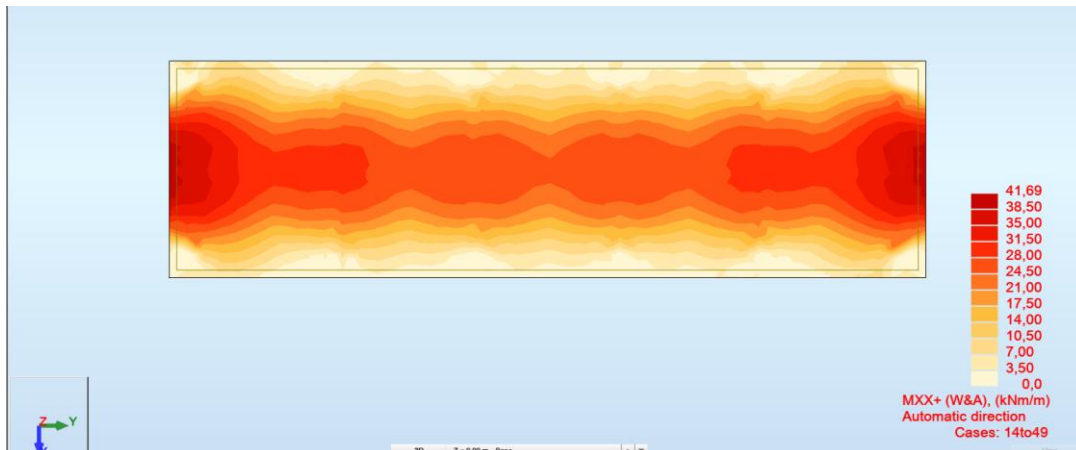


FIG. 25 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

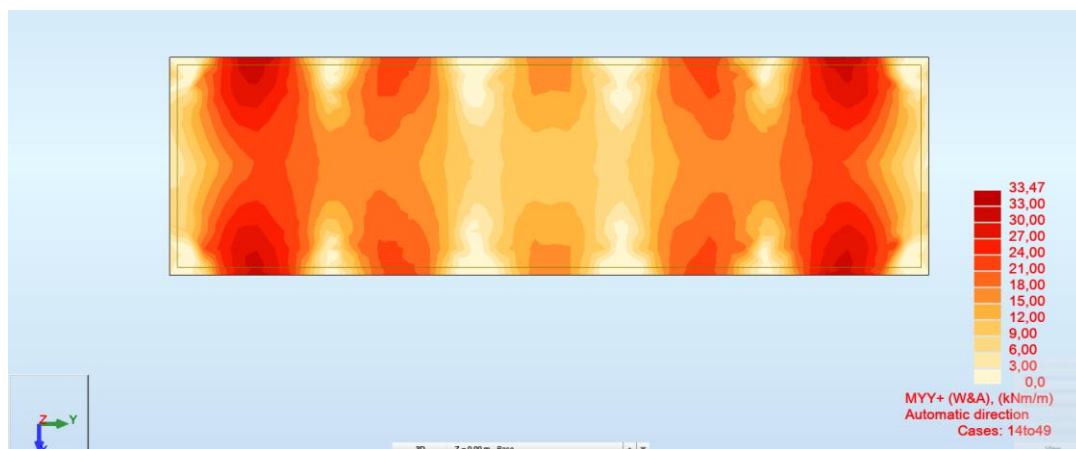


FIG. 26 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

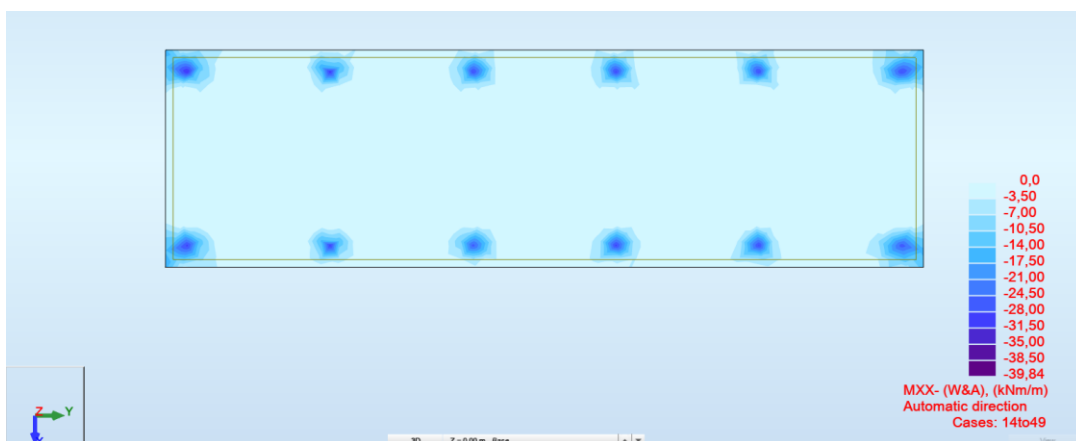


FIG. 27 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

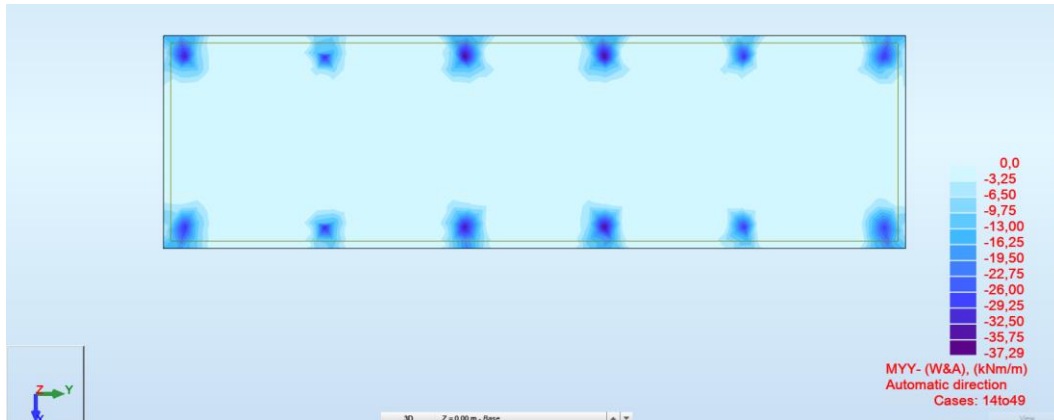


FIG. 28 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura  $\varnothing 12/200$  in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

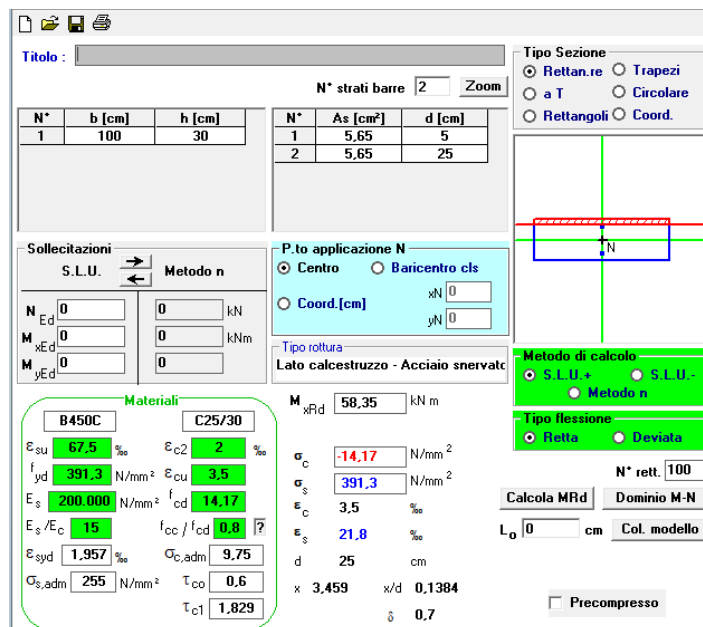


FIG. 29 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA  $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 41.69 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/41.69=1.4 > 1$$

$M_{Rd}$ : Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di  $M_{Rd}$  della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a  $\varnothing 12/200$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 300 * 1000 = 300 \frac{mm^2}{m} = 3 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{mm^2}{m} = 5.65 \frac{cm^2}{m} > 3.00 \frac{cm^2}{m}$$

Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabina di Interfaccia 36KV

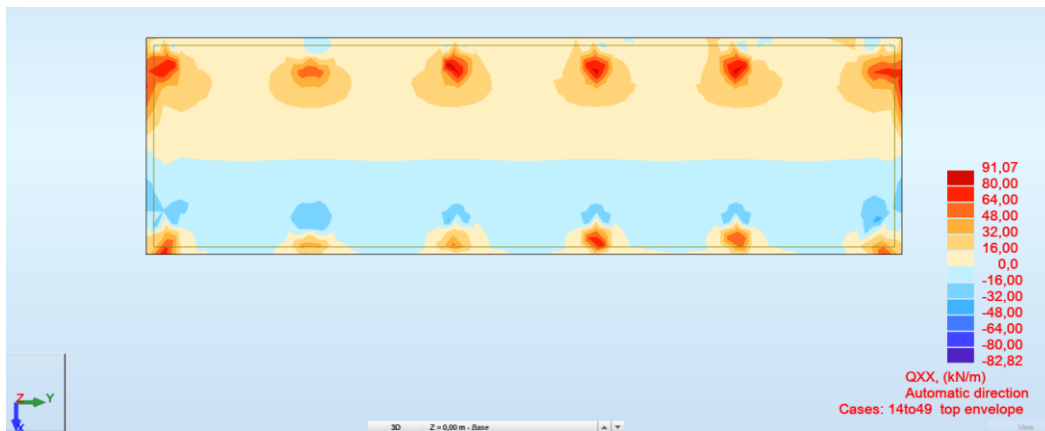


FIG. 30 – MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

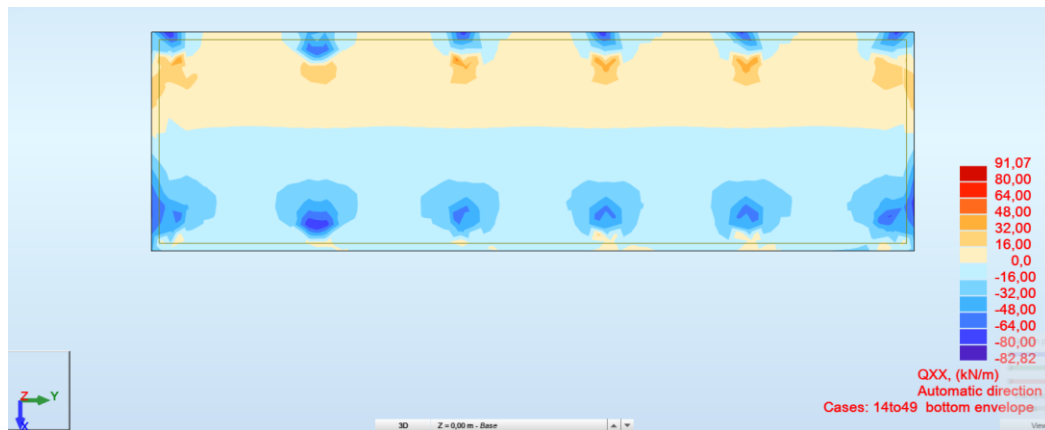


FIG. 31 – MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

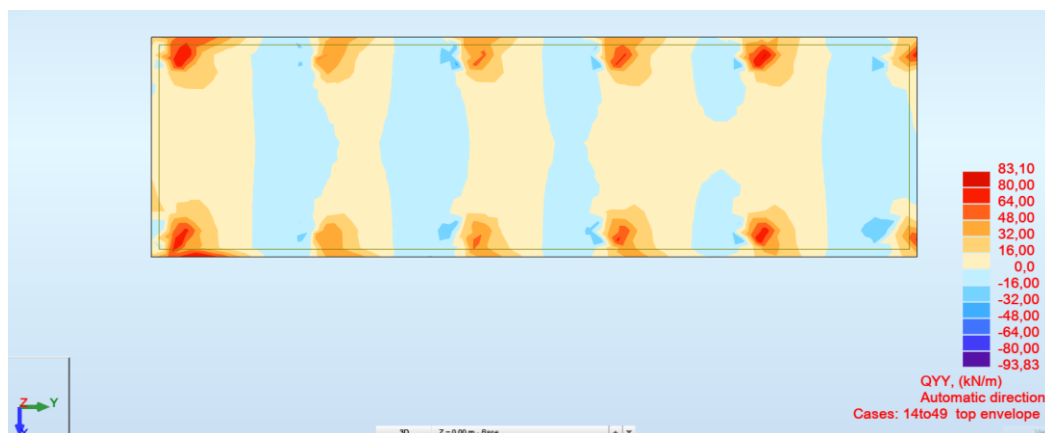


FIG. 32 – MAPPA QYY+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

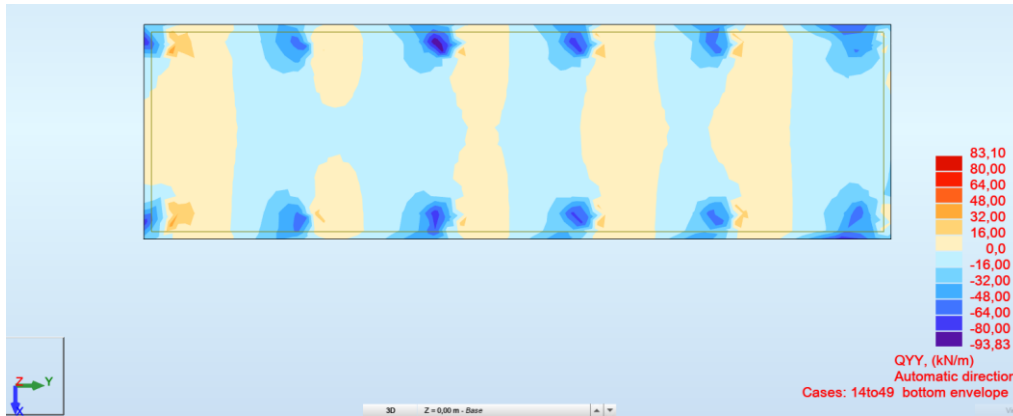


FIG. 33 – MAPPA QYY - - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l'asse locale globale del modello FEM.

### **Resistenza a taglio senza armatura**

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 30cm non armata a taglio

**Elements not requiring design shear reinforcement**

H = 30 cm	A <sub>c</sub> = 300000 mm <sup>2</sup>
d = 25 cm	k = 1,8944
b <sub>w</sub> = 100 cm	ρ <sub>l</sub> = 0,0023
A <sub>sl</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup>	
	k <sub>1</sub> = 0,15
f <sub>ck</sub> = 25 MPa	V <sub>min</sub> = 0,4563
γ <sub>c</sub> = 1,5	C <sub>Rd,c</sub> = 0,12
N <sub>Ed</sub> = 0 kN	σ <sub>cp</sub> = 0 MPa

**Ultimate design shear resistance**

(6.2.a) : V<sub>Rd,c</sub> = [C<sub>Rd,c</sub> k (100 ρ<sub>l</sub> f<sub>ck</sub>)<sup>1/3</sup> + k<sub>1</sub> σ<sub>cp</sub>] b<sub>wd</sub> = 101,2 kN

V<sub>Rd,c</sub> = (V<sub>min</sub> + k<sub>1</sub> σ<sub>cp</sub>) b<sub>wd</sub> = 114,1 kN

C<sub>Rd,c</sub> = 0.18 / γ<sub>c</sub>      V<sub>Rd,c</sub> = 114,1 kN

V<sub>min</sub> = 0,035 K<sup>3/2</sup> f<sub>ck</sub><sup>1/2</sup>

k = 1 + (200/d)<sup>1/2</sup> with d in mm

ρ<sub>l</sub> = A<sub>sl</sub> / (b<sub>w</sub> d)

A<sub>sl</sub> = tensile longitudinal reinforcement area

b<sub>w</sub> = minimum depth of the section

A<sub>c</sub> = concrete section area

N<sub>Ed</sub> = axial force due to the loads or to the pre-compression (N<sub>Ed</sub> > 0 compression)

σ<sub>cp</sub> = compr. stress at the center of concr. sect. due to axial force N<sub>Ed</sub>

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

$$V_{Rd,c 300mm} = 114.1kN > V_{Sd,max} = 93.83kN \quad \text{Taglio massimo riportato nelle mappe}$$

**Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabina di trasformazione BT-AT**

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

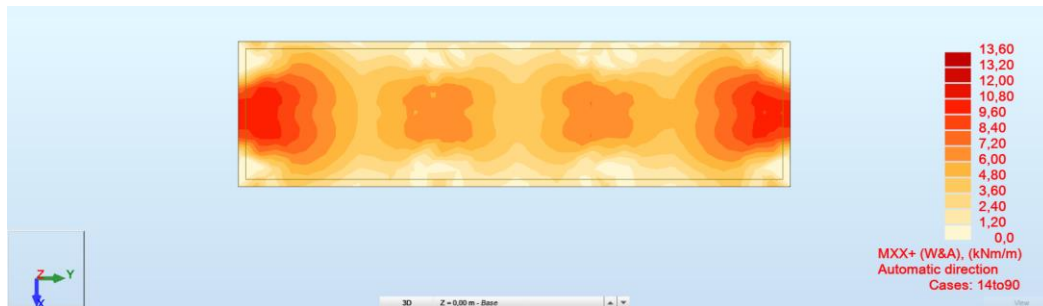


FIG. 34 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

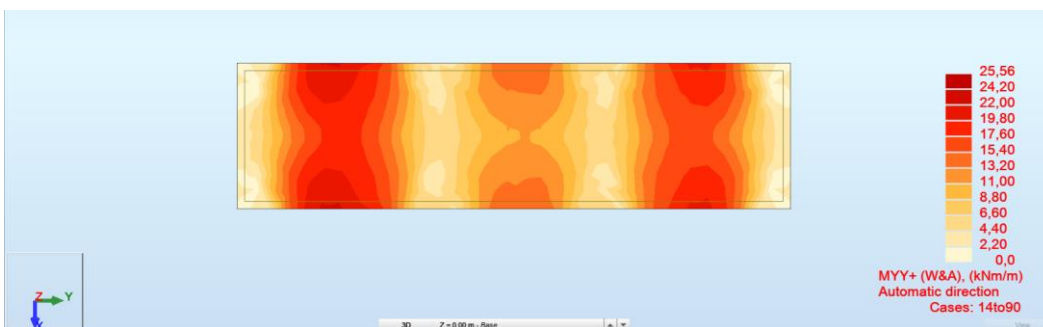


FIG. 35 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y



FIG. 36 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

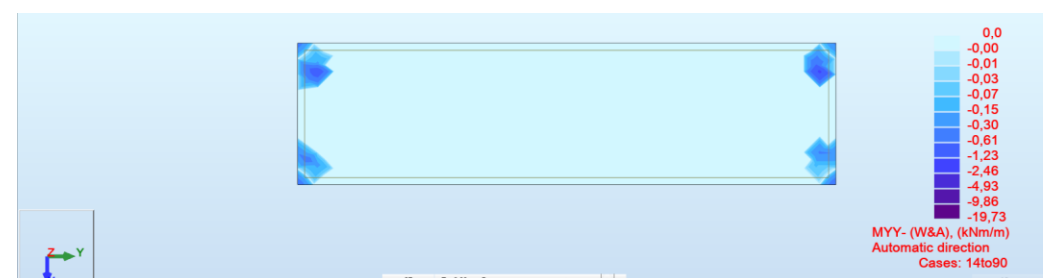


FIG. 37 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura  $\varnothing 12/200$  in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

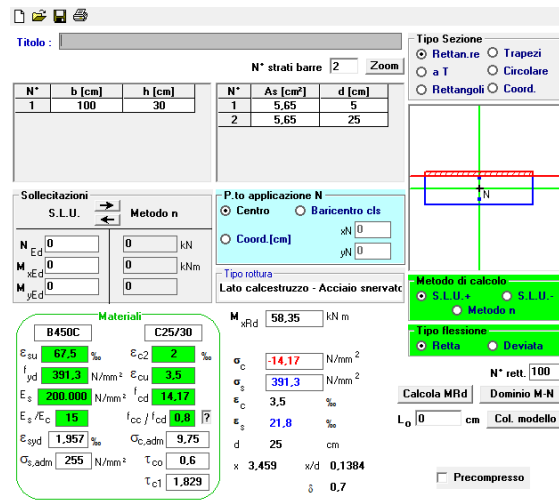


FIG. 38 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA  $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 25.56 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/25.56 = 2.28 > 1$$

$M_{Rd}$ : Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di  $M_{Rd}$  della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a  $\varnothing 12/200$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 300 * 1000 = 300 \frac{mm^2}{m} = 3 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{mm^2}{m} = 5.65 \frac{cm^2}{m} > 3.00 \frac{cm^2}{m}$$

**Involuppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabina di trasformazione BT-AT**

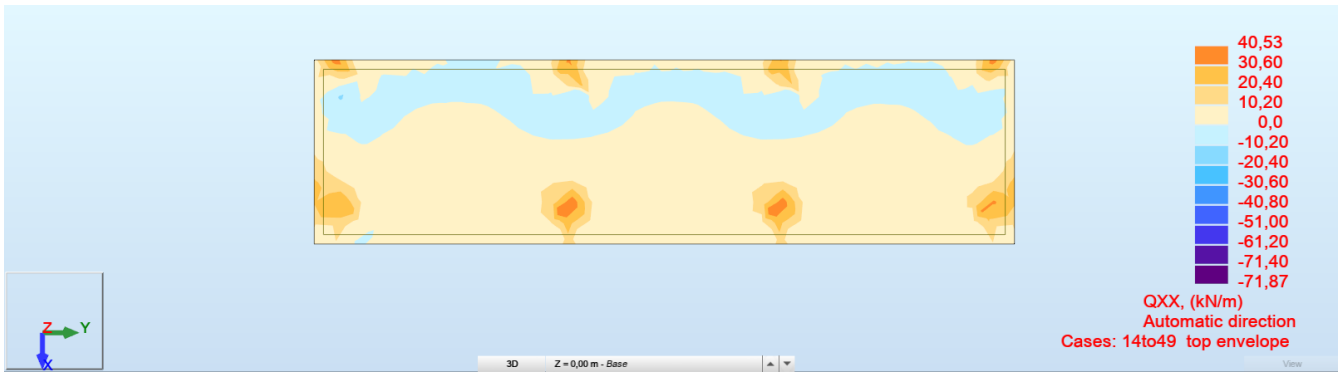


FIG. 39 – MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

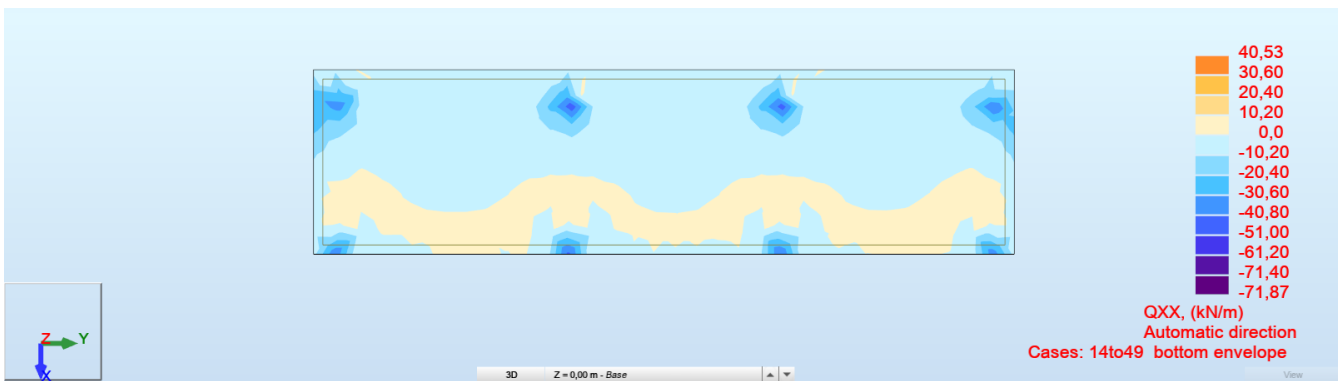


FIG. 40 – MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

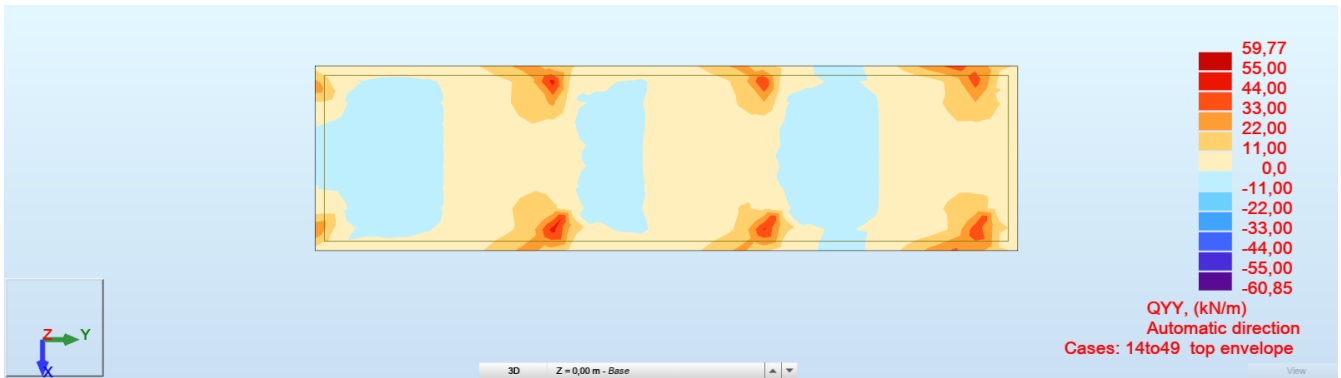


FIG. 41 – MAPPA QYY + - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

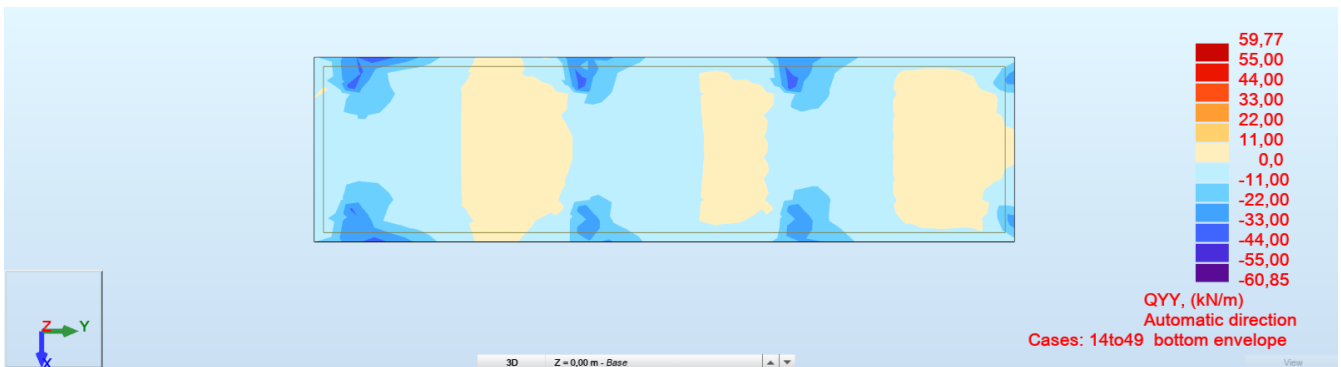


FIG. 42 – MAPPA QYY - - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE



Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l'asse locale globale del modello FEM.

### Resistenza a taglio senza armatura

**Elements not requiring design shear reinforcement**

H = 30 cm	A <sub>c</sub> = 300000 mm <sup>2</sup>
d = 25 cm	k = 1,8944
b <sub>w</sub> = 100 cm	ρ <sub>l</sub> = 0,0023
ASl = 5,65 cm <sup>2</sup>	
	k <sub>1</sub> = 0,15
f <sub>ok</sub> = 25 MPa	V <sub>min</sub> = 0,4563
γ <sub>c</sub> = 1,5	C <sub>Rd,c</sub> = 0,12
N <sub>Ed</sub> = 0 kN	σ <sub>op</sub> = 0 MPa

**Ultimate design shear resistance**

(6.2 a) : V<sub>Rd,c</sub> = [C<sub>Rd,c</sub> k (100 ρ<sub>l</sub> f<sub>ok</sub>)<sup>1/3</sup> + K<sub>1</sub> σ<sub>op</sub>] b<sub>wd</sub> = **101,2** kN  
V<sub>Rd,c</sub> = (V<sub>min</sub> + K<sub>1</sub> σ<sub>op</sub>) b<sub>wd</sub> = **114,1** kN  
V<sub>Rd,c</sub> = **114,1** kN

C<sub>Rd,c</sub> = 0.18 / γ<sub>c</sub>  
V<sub>min</sub> = 0.035 k<sup>3/2</sup> f<sub>ok</sub><sup>1/2</sup>  
k = 1 + (200/d)<sup>1/2</sup> with d in mm  
ρ<sub>l</sub> = A<sub>sl</sub> / (b<sub>w</sub> d)  
A<sub>sl</sub> = tensile longitudinal reinforcement area  
b<sub>w</sub> = minimum depth of the section  
A<sub>c</sub> = concrete section area  
N<sub>Ed</sub> = axial force due to the loads or to the pre-compression  
(N<sub>Ed</sub> > 0 compression)  
σ<sub>op</sub> = compr.stress at the center of concr.sect.due to axial force N<sub>Ed</sub>

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 30cm non armata a taglio

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

$$V_{Rd,c\ 300mm} = 114.1kN > V_{Sd,max} = 71.87kN$$

Taglio massimo riportato nelle mappe

**Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabinato Idrogeno 36KV**

Nel seguito si riportano le mappe degli involupei dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

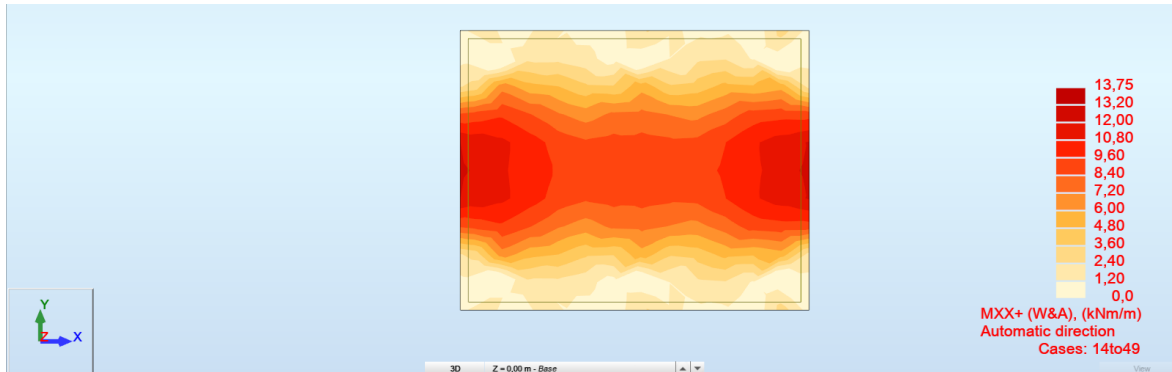


FIG. 43 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

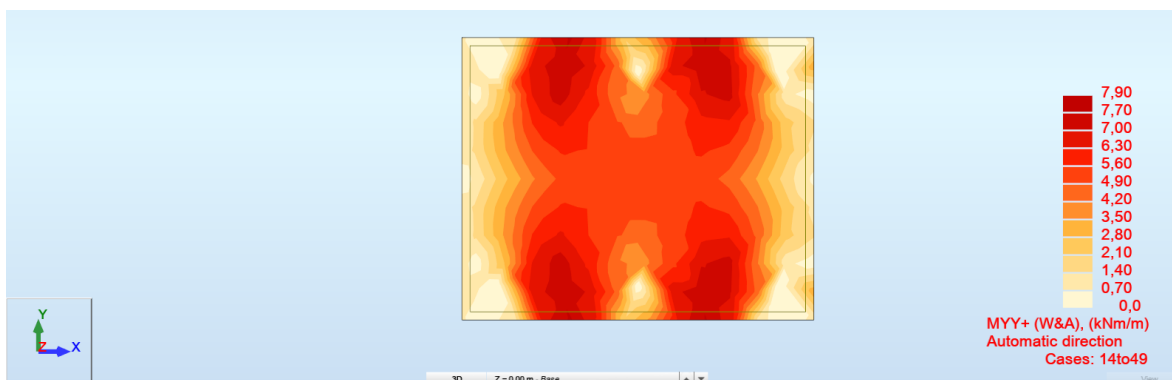


FIG. 44 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

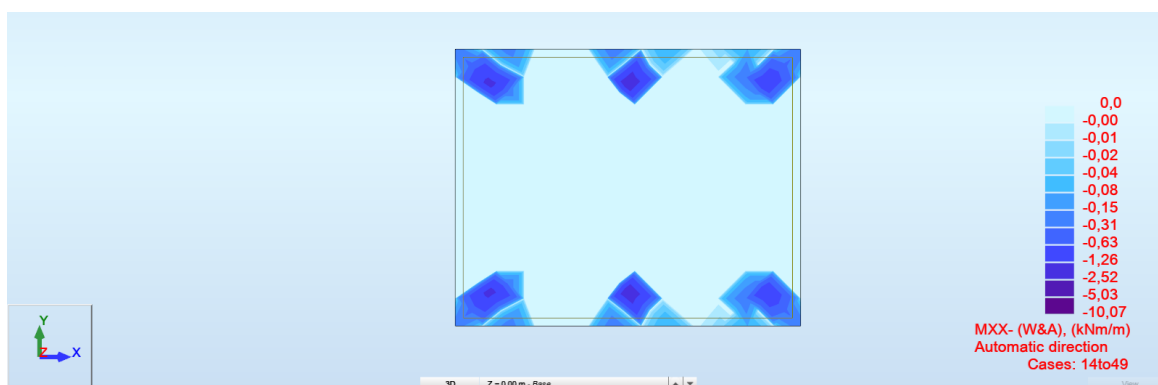


FIG. 45 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

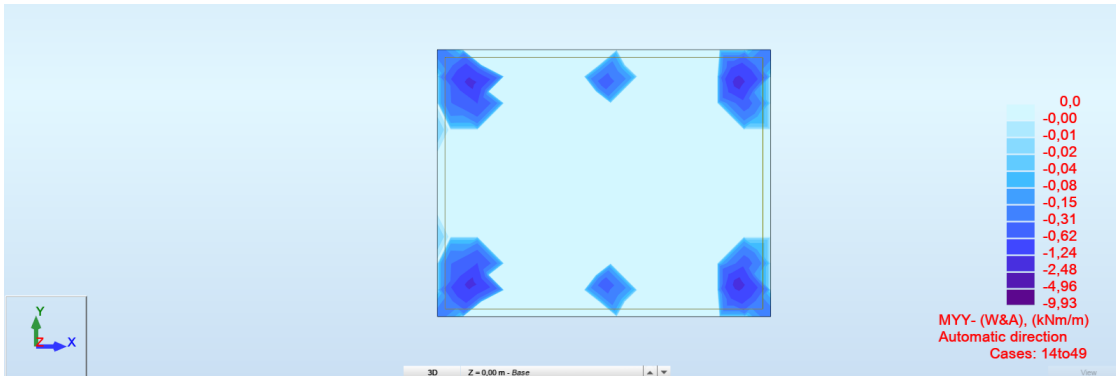


FIG. 46 – INVOLUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura  $\varnothing 12/200$  in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

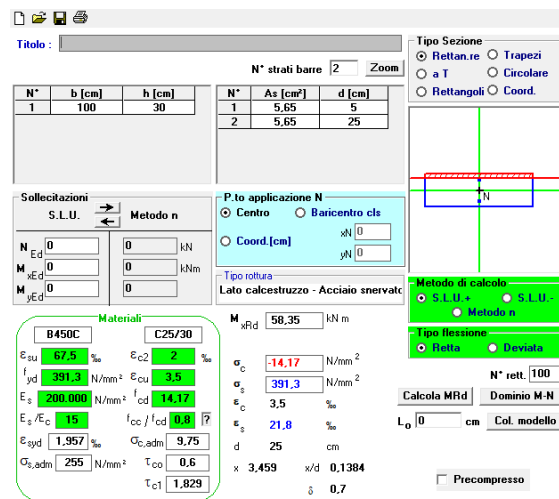


FIG. 47 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA  $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 13.75 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/13.75=4.24 > 1$$

$M_{Rd}$ : Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di  $M_{Rd}$  della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a  $\varnothing 12/200$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 300 * 1000 = 300 \frac{mm^2}{m} = 3 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{mm^2}{m} = 5.65 \frac{cm^2}{m} > 3.00 \frac{cm^2}{m}$$

**Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabinato Idrogeno 36KV**

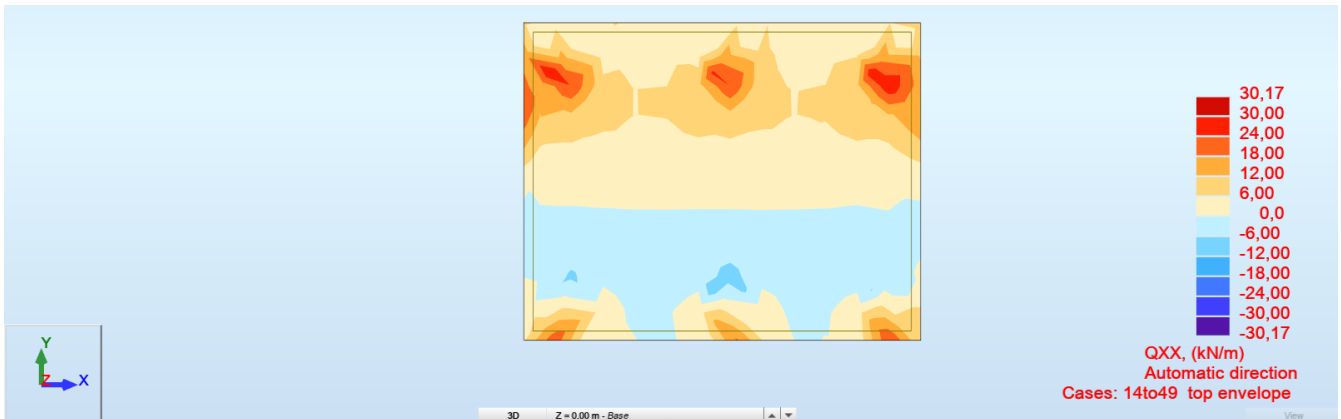


FIG. 48 – MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

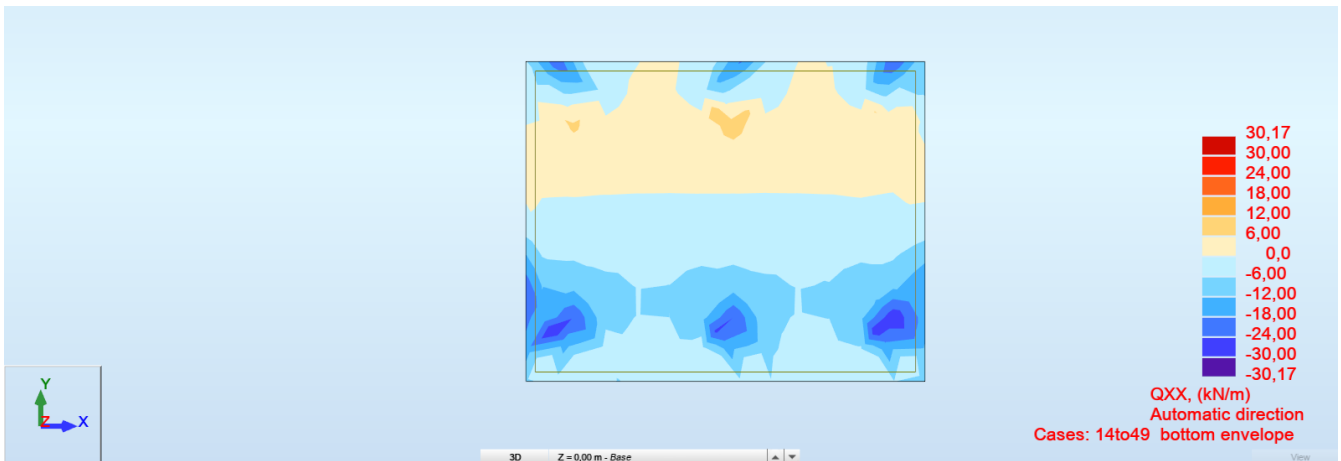


FIG. 49 – MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

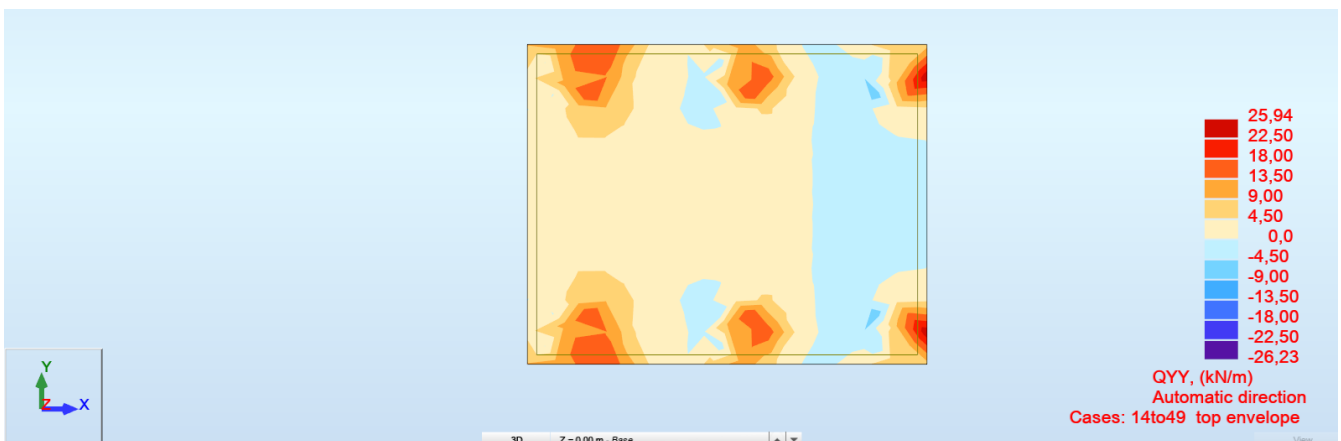


FIG. 50 – MAPPA QYY+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

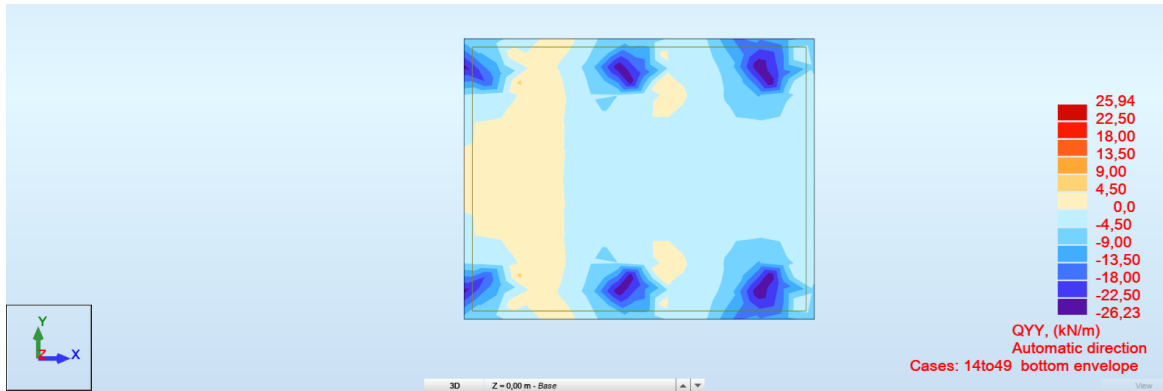


FIG. 51 – MAPPA QYY - - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l’asse locale globale del modello FEM.

**Resistenza a taglio senza armatura**

*Elements not requiring design shear reinforcement*

H = 30	cm		
d = 25	cm	A <sub>c</sub> = 300000	mm <sup>2</sup>
b <sub>w</sub> = 100	cm	k = 1.8944	
Asl = 5,65	cm <sup>2</sup>	ρ <sub>l</sub> = 0.0023	
		k <sub>1</sub> = 0,15	
f <sub>ck</sub> = 25	MPa	V <sub>min</sub> = 0,4563	
γ <sub>c</sub> = 1,5		C <sub>Rd,c</sub> = 0,12	
N <sub>Ed</sub> = 0	kN	σ <sub>cp</sub> = 0	MPa

*Ultimate design shear resistance*

(6.2.a) : V<sub>Rd,c</sub> = [C<sub>Rd,c</sub> k (100 ρ<sub>l</sub> f<sub>ck</sub>)<sup>1/3</sup> + k<sub>1</sub> σ<sub>cp</sub>] b<sub>wd</sub> = 101,2 kN

V<sub>Rd,c</sub> = (V<sub>min</sub> + k<sub>1</sub> σ<sub>cp</sub>) b<sub>wd</sub> = 114,1 kN

C<sub>Rd,c</sub> = 0.18 / γ<sub>c</sub>      V<sub>Rd,c</sub> = 114,1 kN

V<sub>min</sub> = 0,035 k<sup>3/2</sup> f<sub>ck</sub><sup>1/2</sup>

k = 1+(200/d)<sup>1/2</sup> with d in mm

ρ<sub>l</sub> = A<sub>sl</sub>/(b<sub>w</sub> d)

A<sub>sl</sub> = tensile longitudinal reinforcement area

b<sub>w</sub> = minimum depth of the section

A<sub>c</sub> = concrete section area

N<sub>Ed</sub> = axial force due to the loads or to the pre-compression (N<sub>Ed</sub> > 0 compression)

σ<sub>cp</sub> = compr. stress at the center of concr. sect. due to axial force N<sub>Ed</sub>

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 30cm non armata a taglio

L’immagine precedente riporta la verifica degli “Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio” secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

V<sub>Rd,c 300mm</sub> = 114.1kN > V<sub>Sd,max</sub> = 30.17kN

Taglio massimo riportato nelle mappe

**Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Cabinato Idrogeno 20KV**

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite ultimo (SLU e SLV), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

Si sottolinea inoltre che alcuni dei valori riportati nelle mappe sono valori puntuali di picco e di bordo che non risultano significativi ai fini delle verifiche, le verifiche saranno effettuate con valori integrali su sezioni di larghezza unitaria.

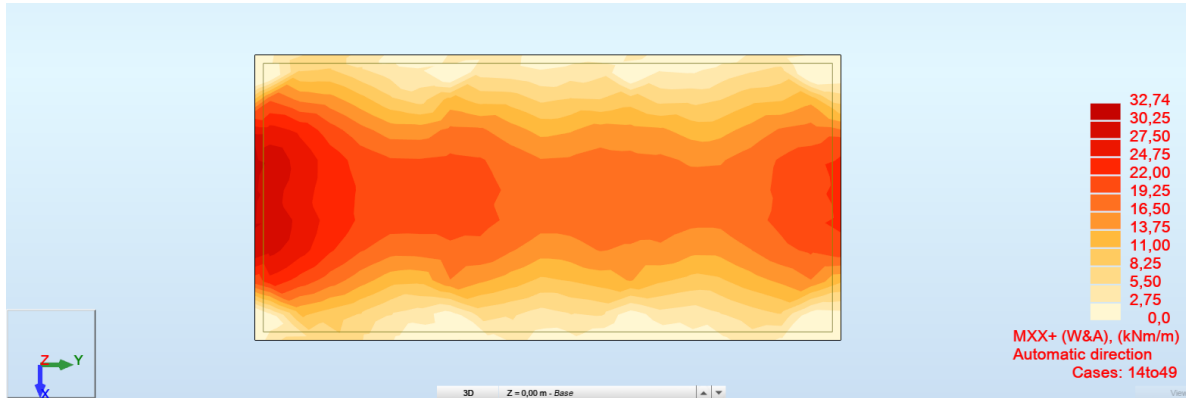


FIG. 52 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

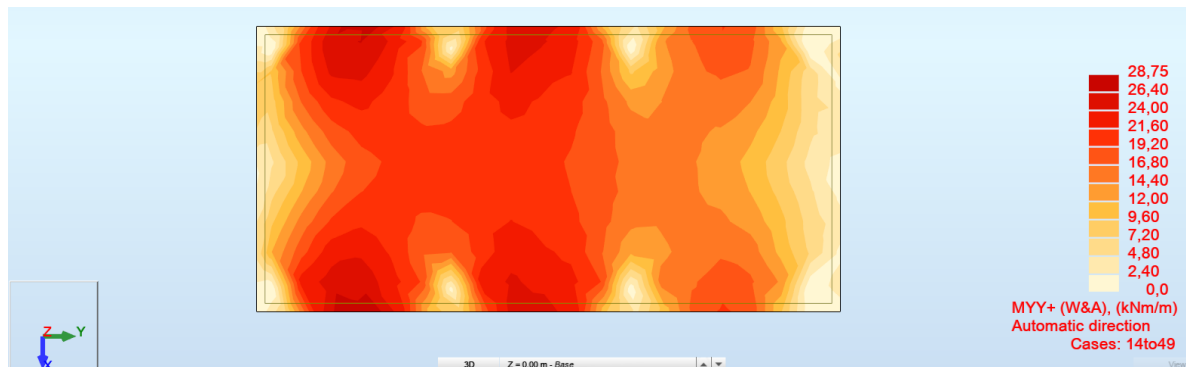


FIG. 53 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

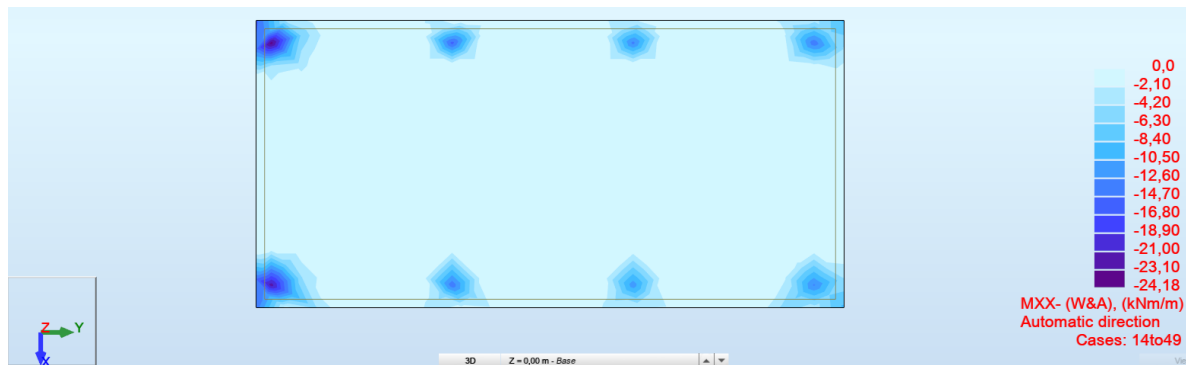


FIG. 54 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

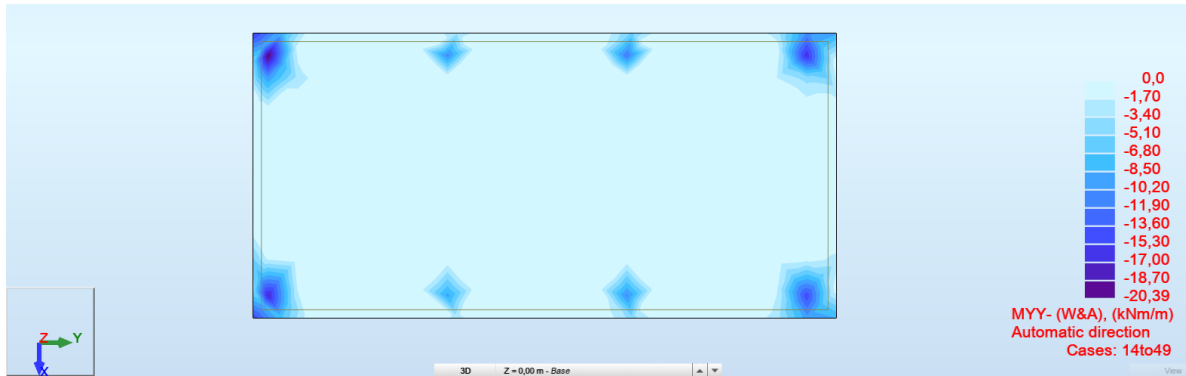


FIG. 55 – INVOLUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura  $\varnothing 12/200$  in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

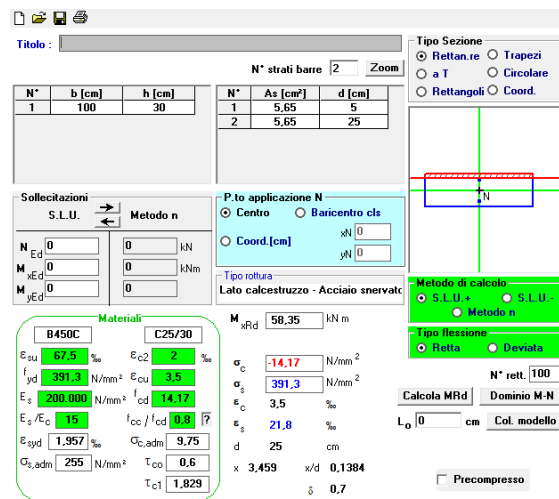


FIG. 56 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA  $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 32.74 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/32.74 = 1.78 > 1$$

$M_{Rd}$ : Momento resistente della sezione allo SLU come indicato da §4.1.2.3.4.2. del D.M. 17/01/18

Per il calcolo di  $M_{Rd}$  della sezione di progetto, si è utilizzato il Software free VCA SLU del Prof. Gelfi V7.7

Per poter rientrare all'interno della verifica dell'armatura minima richiesta per platee di fondazione come indicato nel §7.2.5 del D.M. 17/01/18, si è scelto di adottare un'armatura tesa pari a  $\varnothing 12/200$ mm.

$$A_{s,min} = 0.1\% * A_c = \frac{1}{1000} * 300 * 1000 = 300 \frac{mm^2}{m} = 3 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{s,tesa \varnothing 12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{mm^2}{m} = 5.65 \frac{cm^2}{m} > 3.00 \frac{cm^2}{m}$$

**Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Cabinato Idrogeno 20KV**



FIG. 57 – MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

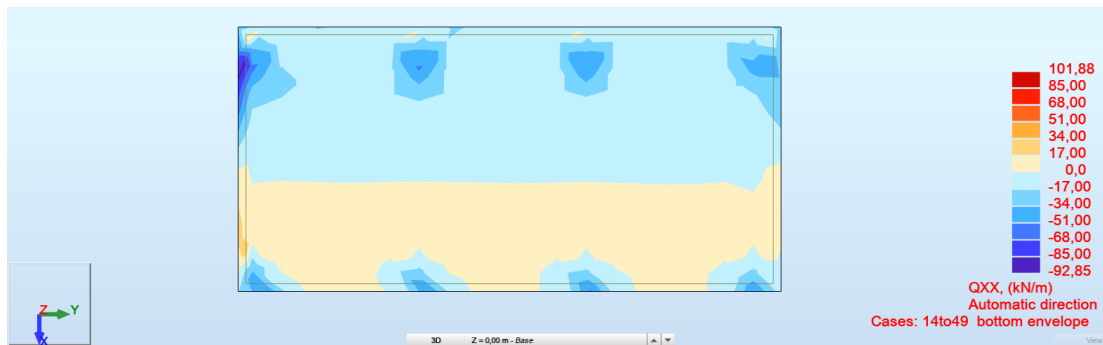


FIG. 58 – MAPPA QXX- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

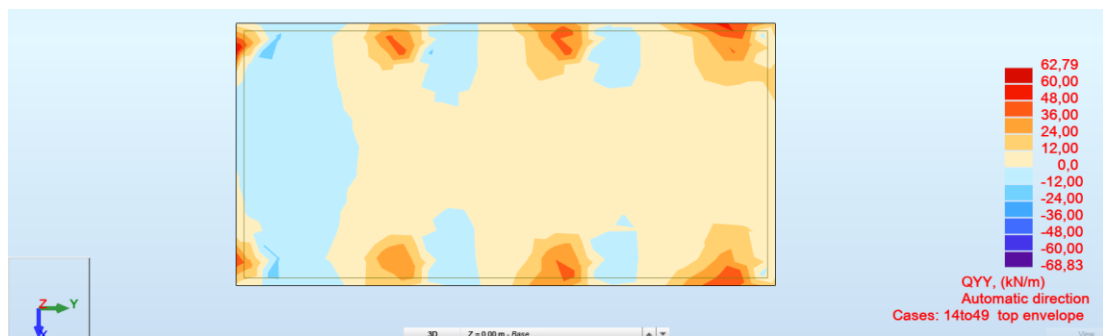


FIG. 59 – MAPPA QYY+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

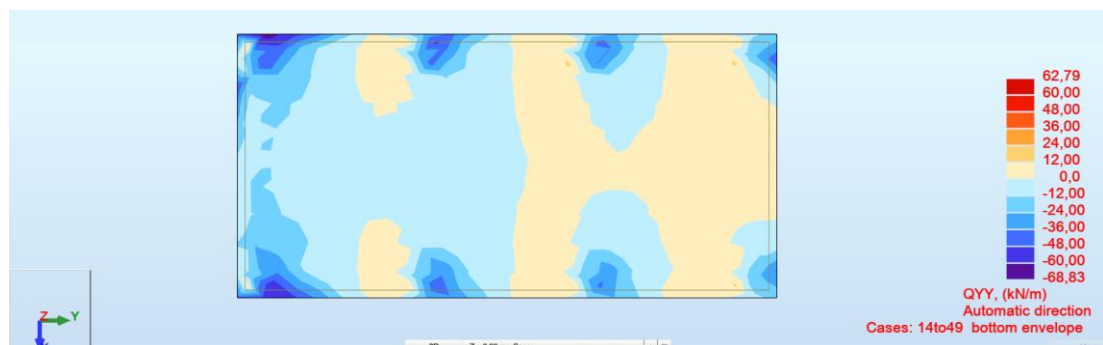


FIG. 60 – MAPPA QYY- - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE



Qxx / Qyy: Valore dello sforzo di taglio per gli elementi finiti con il sistema di coordinate diretto secondo l'asse locale globale del modello FEM.

**Resistenza a taglio senza armatura**

**Elements not requiring design shear reinforcement**

H = 30	cm	A <sub>c</sub> = 300000	mm <sup>2</sup>
d = 25	cm	k = 1.8944	
b <sub>w</sub> = 100	cm	ρ <sub>l</sub> = 0.0023	
A <sub>sl</sub> = 5,65	cm <sup>2</sup>		
		k <sub>1</sub> = 0,15	
f <sub>ck</sub> = 25	MPa	v <sub>min</sub> = 0,4563	
γ <sub>c</sub> = 1,5		C <sub>Rd,c</sub> = 0,12	
N <sub>Ed</sub> = 0	kN	σ <sub>cp</sub> = 0	MPa

**Ultimate design shear resistance**

(6.2.a) : V<sub>Rd,c</sub> = [C<sub>Rd,c</sub> k (100 ρ<sub>l</sub> f<sub>ck</sub>)<sup>1/3</sup> + k<sub>1</sub> σ<sub>cp</sub>] d<sub>wd</sub> = 101,2 kN  
V<sub>Rd,c</sub> = (v<sub>min</sub> + k<sub>1</sub> σ<sub>cp</sub>) d<sub>wd</sub> = 114,1 kN  
V<sub>Rd,c</sub> = 114,1 kN

C<sub>Rd,c</sub> = 0.18 / γ<sub>c</sub>  
v<sub>min</sub> = 0,035 k<sup>3/2</sup> f<sub>ck</sub><sup>1/2</sup>  
k = 1+(200/d)<sup>1/2</sup> with d in mm  
ρ<sub>l</sub> = A<sub>sl</sub> / (b<sub>w</sub> d)  
A<sub>sl</sub> = tensile longitudinal reinforcement area  
d<sub>w</sub> = minimum depth of the section  
A<sub>c</sub> = concrete section area  
N<sub>Ed</sub> = axial force due to the loads or to the pre-compression  
(N<sub>Ed</sub> > 0 compression)  
σ<sub>cp</sub> = compr.stress at the center of concr.sect.due to axial force N<sub>Ed</sub>

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 30cm non armata a taglio

L'immagine precedente riporta la verifica degli "Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio" secondo quanto indicato da §4.1.2.3.5.1. del D.M. 17/01/18.

V<sub>Rd,c 300mm</sub> = 114.1kN > V<sub>Sd,max</sub> = 101.88kN

Taglio massimo riportato nelle mappe

### VERIFICHE DI STABILITA' - SCORRIMENTO

La verifica a scorrimento è stata eseguita considerando un angolo di resistenza al taglio pari a  $\phi = 30^\circ$  e la seguente formulazione:

$$FS = [N_{tot} \cdot \tan(2/3 \cdot \phi) / \gamma_{Rd}] / V_{ed}$$

Dove  $N_{tot}$  è l'azione verticale (FZ) mentre  $V_{tot}$  è la composizione dell'azione orizzontale nelle due direzioni, ottenuta come  $V_{ed} = (FX^2 + FY^2)^{0.5}$  e  $\gamma_{Rd}$  posto pari a 1,1.

Fondazione – Cabina di Interfaccia 36kV	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-92,9	0,02	708,67	92,9	234,5	2,52
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-92,9	0,03	715,22	92,9	236,7	2,55
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	103,16	-0,03	712,93	103,2	235,9	2,29
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	103,16	-0,03	719,47	103,2	238,1	2,31
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	0,02	-78,14	710,71	78,1	235,2	3,01
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	0,02	-78,14	717,26	78,1	237,3	3,04
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	-0,02	78,14	710,65	78,1	235,1	3,01
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	-0,02	78,14	717,2	78,1	237,3	3,04
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-55,74	0,01	725,95	55,7	240,2	4,31
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-55,74	0,02	732,49	55,7	242,4	4,35
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	61,9	-0,02	728,5	61,9	241,0	3,89
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	61,9	-0,02	735,05	61,9	243,2	3,93
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	0,01	-46,88	727,17	46,9	240,6	5,13
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	0,01	-46,88	733,72	46,9	242,8	5,18
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	-0,01	46,88	727,14	46,9	240,6	5,13
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	-0,01	46,88	733,68	46,9	242,8	5,18
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-55,74	0,01	713,01	55,7	235,9	4,23
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-55,74	0,02	723,91	55,7	239,5	4,30
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	61,9	-0,02	715,56	61,9	236,8	3,82
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	61,9	-0,01	726,47	61,9	240,4	3,88
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	0,01	-46,88	714,23	46,9	236,3	5,04
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	0,01	-46,88	725,14	46,9	239,9	5,12
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	-0,01	46,88	714,2	46,9	236,3	5,04
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	-0,01	46,88	725,1	46,9	239,9	5,12
1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-92,9	0,02	476,48	92,9	157,7	1,70

1,0G1+0,8G2-1,5Vx	103,16	-0,03	480,74	<b>103,2</b>	<b>159,1</b>	<b>1,54</b>
1,0G1+0,8G2+1,5Vy	0,02	-78,14	478,52	<b>78,1</b>	<b>158,3</b>	<b>2,03</b>
1,0G1+0,8G2-1,5Vy	-0,02	78,14	478,46	<b>78,1</b>	<b>158,3</b>	<b>2,03</b>

Fondazione – Cabina di Trasformazione BT/AT	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-84,56	-0,18	374,06	<b>84,6</b>	<b>151,4</b>	<b>1,79</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-84,56	-0,18	378,81	<b>84,6</b>	<b>153,3</b>	<b>1,81</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	84,56	0,21	364,37	<b>84,6</b>	<b>147,5</b>	<b>1,74</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	84,56	0,21	369,11	<b>84,6</b>	<b>149,4</b>	<b>1,77</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	-0,14	-59,6	370,52	<b>59,6</b>	<b>150,0</b>	<b>2,52</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	-0,14	-59,6	375,24	<b>59,6</b>	<b>151,9</b>	<b>2,55</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	0,14	59,66	370,02	<b>59,7</b>	<b>149,8</b>	<b>2,51</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	0,14	59,66	374,75	<b>59,7</b>	<b>151,7</b>	<b>2,54</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-50,74	-0,1	383,09	<b>50,7</b>	<b>155,1</b>	<b>3,06</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-50,74	-0,1	387,82	<b>50,7</b>	<b>157,0</b>	<b>3,09</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	50,74	0,14	377,46	<b>50,7</b>	<b>152,8</b>	<b>3,01</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	50,74	0,14	382,19	<b>50,7</b>	<b>154,7</b>	<b>3,05</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	-0,08	-35,75	380,77	<b>35,8</b>	<b>154,1</b>	<b>4,31</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	-0,08	-35,75	385,5	<b>35,8</b>	<b>156,0</b>	<b>4,36</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	0,08	35,81	380,48	<b>35,8</b>	<b>154,0</b>	<b>4,30</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	0,08	35,81	385,2	<b>35,8</b>	<b>155,9</b>	<b>4,35</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-50,74	-0,1	374,76	<b>50,7</b>	<b>151,7</b>	<b>2,99</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-50,74	-0,1	382,64	<b>50,7</b>	<b>154,9</b>	<b>3,05</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	50,74	0,14	369,11	<b>50,7</b>	<b>149,4</b>	<b>2,94</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	50,74	0,14	377	<b>50,7</b>	<b>152,6</b>	<b>3,01</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	-0,08	-35,75	372,45	<b>35,8</b>	<b>150,8</b>	<b>4,22</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	-0,08	-35,75	380,32	<b>35,8</b>	<b>153,9</b>	<b>4,31</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	0,08	35,8	372,15	<b>35,8</b>	<b>150,6</b>	<b>4,21</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	0,08	35,81	380,03	<b>35,8</b>	<b>153,8</b>	<b>4,30</b>
1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-84,56	-0,19	228,18	<b>84,6</b>	<b>92,4</b>	<b>1,09</b>
1,0G1+0,8G2-1,5Vx	84,56	0,2	218,97	<b>84,6</b>	<b>88,6</b>	<b>1,05</b>

1,0G1+0,8G2+1,5Vy	-0,14	-59,61	225,99	59,6	91,5	1,53
1,0G1+0,8G2-1,5Vy	0,14	59,64	225,49	59,6	91,3	1,53

Fondazione – Cabina Idrogeno 36KV	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-40	0	364,44	40,0	147,5	3,69
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-40	0	364,83	40,0	147,7	3,69
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	40	0	361,75	40,0	146,4	3,66
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	40	0	362,15	40,0	146,6	3,66
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	0	-38,53	363,09	38,5	147,0	3,81
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	0	-38,53	363,49	38,5	147,1	3,82
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	0	38,53	363,09	38,5	147,0	3,81
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	0	38,53	363,49	38,5	147,1	3,82
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-24	0	372,42	24,0	150,7	6,28
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-24	0	372,82	24,0	150,9	6,29
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	24	0	370,81	24,0	150,1	6,25
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	24	0	371,21	24,0	150,2	6,26
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	0	-23,12	371,61	23,1	150,4	6,51
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	0	-23,12	372,01	23,1	150,6	6,51
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	0	23,12	371,61	23,1	150,4	6,51
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	0	23,12	372,01	23,1	150,6	6,51
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-24	0	368,36	24,0	149,1	6,21
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-24	0	369,02	24,0	149,4	6,22
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	24	0	366,75	24,0	148,4	6,19
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	24	0	367,42	24,0	148,7	6,20
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	0	-23,12	367,55	23,1	148,8	6,43
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	0	-23,12	368,22	23,1	149,0	6,45
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	0	23,12	367,55	23,1	148,8	6,43
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	0	23,12	368,22	23,1	149,0	6,45
1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-40	0	239,82	40,0	97,1	2,43
1,0G1+0,8G2-1,5Vx	40	0	237,14	40,0	96,0	2,40
1,0G1+0,8G2+1,5Vy	0	-38,53	238,47	38,5	96,5	2,51

1,0G1+0,8G2-1,5Vy	0	38,53	238,47	<b>38,5</b>	<b>96,5</b>	<b>2,51</b>
-------------------	---	-------	--------	-------------	-------------	-------------

Fondazione – Cabina Idrogeno 20KV	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T	-56,62	-0,01	619,24	<b>56,6</b>	<b>250,6</b>	<b>4,43</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T	-56,62	-0,01	622,7	<b>56,6</b>	<b>252,0</b>	<b>4,45</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T	56,62	-0,01	623,55	<b>56,6</b>	<b>252,4</b>	<b>4,46</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T	56,62	-0,01	627,01	<b>56,6</b>	<b>253,8</b>	<b>4,48</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T	-0,07	-45,88	620,03	<b>45,9</b>	<b>251,0</b>	<b>5,47</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T	-0,07	-45,88	623,49	<b>45,9</b>	<b>252,4</b>	<b>5,50</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T	0,07	45,83	622,88	<b>45,8</b>	<b>252,1</b>	<b>5,50</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T	0,07	45,83	626,34	<b>45,8</b>	<b>253,5</b>	<b>5,53</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T	-33,97	-0,03	632,38	<b>34,0</b>	<b>256,0</b>	<b>7,53</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T	-33,97	-0,03	635,83	<b>34,0</b>	<b>257,4</b>	<b>7,58</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T	33,97	-0,03	634,92	<b>34,0</b>	<b>257,0</b>	<b>7,57</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T	33,97	-0,03	638,37	<b>34,0</b>	<b>258,4</b>	<b>7,61</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T	-0,04	-27,55	632,8	<b>27,6</b>	<b>256,1</b>	<b>9,30</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T	-0,04	-27,55	636,26	<b>27,6</b>	<b>257,5</b>	<b>9,35</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T	0,04	27,48	634,51	<b>27,5</b>	<b>256,8</b>	<b>9,35</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T	0,04	27,48	637,97	<b>27,5</b>	<b>258,2</b>	<b>9,40</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T	-33,97	-0,01	623,26	<b>34,0</b>	<b>252,3</b>	<b>7,43</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T	-33,97	-0,01	629,02	<b>34,0</b>	<b>254,6</b>	<b>7,49</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T	33,97	-0,01	625,8	<b>34,0</b>	<b>253,3</b>	<b>7,46</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T	33,97	-0,01	631,56	<b>34,0</b>	<b>255,6</b>	<b>7,53</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T	-0,04	-27,53	623,69	<b>27,5</b>	<b>252,4</b>	<b>9,17</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T	-0,04	-27,53	629,45	<b>27,5</b>	<b>254,8</b>	<b>9,25</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T	0,04	27,49	625,4	<b>27,5</b>	<b>253,1</b>	<b>9,21</b>
1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T	0,04	27,49	631,16	<b>27,5</b>	<b>255,5</b>	<b>9,29</b>
1,0G1+0,8G2+1,5Vx	-56,62	0	349,42	<b>56,6</b>	<b>141,4</b>	<b>2,50</b>
1,0G1+0,8G2-1,5Vx	56,62	0	354,48	<b>56,6</b>	<b>143,5</b>	<b>2,53</b>
1,0G1+0,8G2+1,5Vy	-0,07	-45,87	238,47	<b>45,9</b>	<b>96,5</b>	<b>2,10</b>
1,0G1+0,8G2-1,5Vy	0,07	45,83	238,47	<b>45,8</b>	<b>96,5</b>	<b>2,11</b>

**Verifica a ribaltamento**

L'analisi condotta per le fondazioni è di tipo lineare, l'involuppo minimo della mappa delle pressioni mostra un'area quasi totalmente reagente a compressione per cui la verifica a ribaltamento si può ritenere soddisfatta.

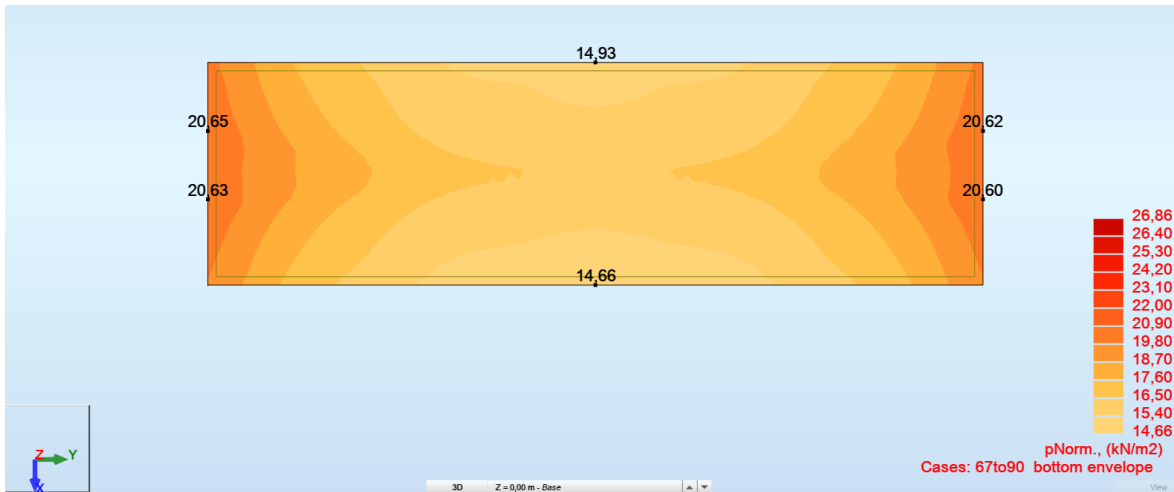


Fig. 61 – Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina di Interfaccia

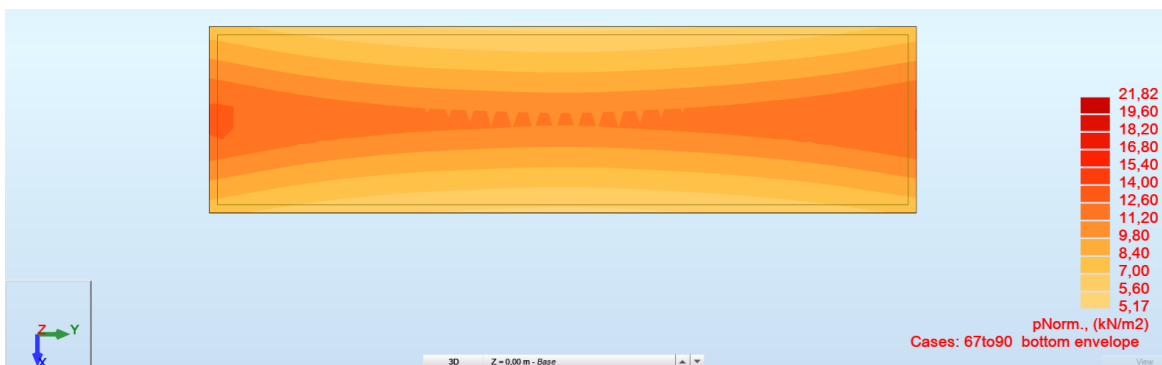


Fig. 62 – Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina di Trasformazione BT/AT

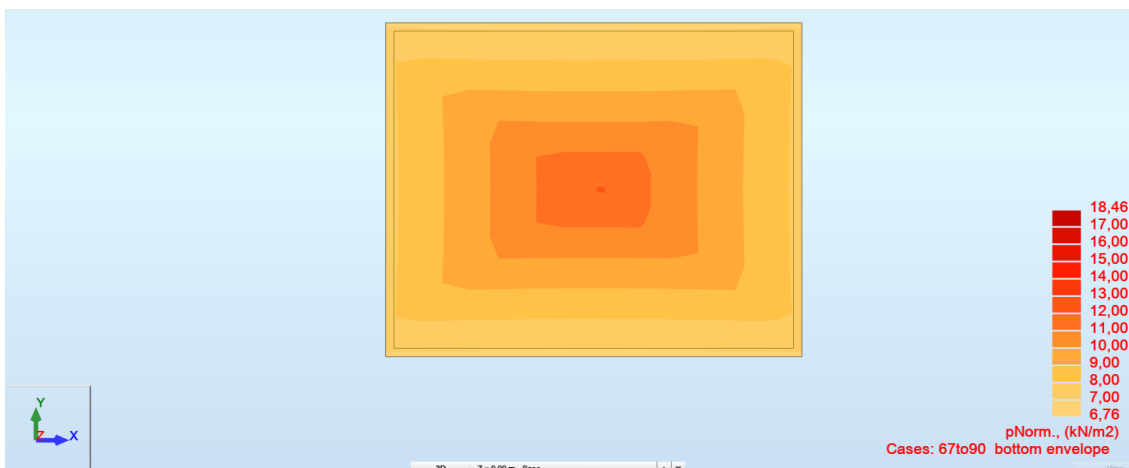


Fig. 63 – Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina Idrogeno 36kV

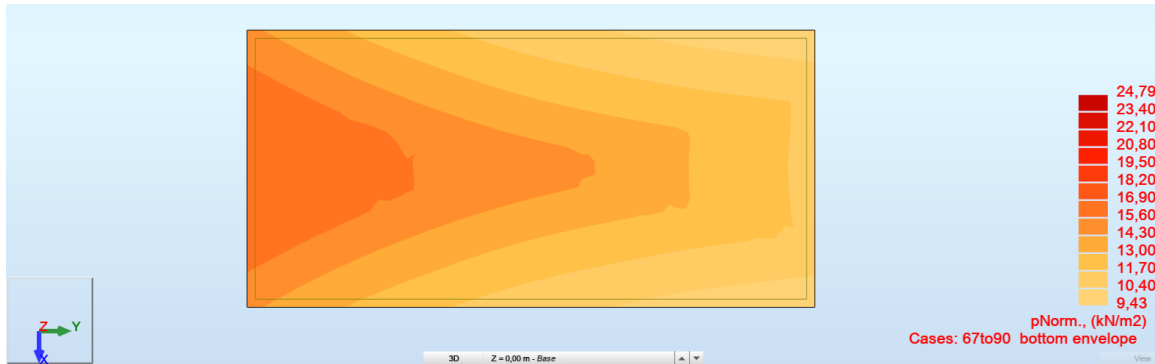


Fig. 64 – Ribaltamento – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Cabina Idrogeno 20kV

### Verifica a Capacità Portante

Di seguito le mappe di pressione del suolo generate dal basamento nelle combinazioni SLU.

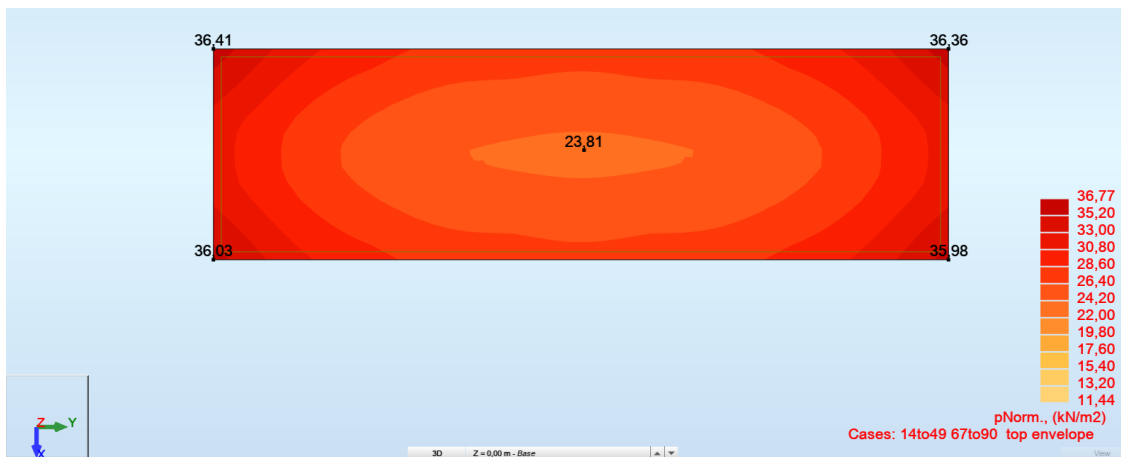


Fig. 65 – Involuppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina di Interfaccia

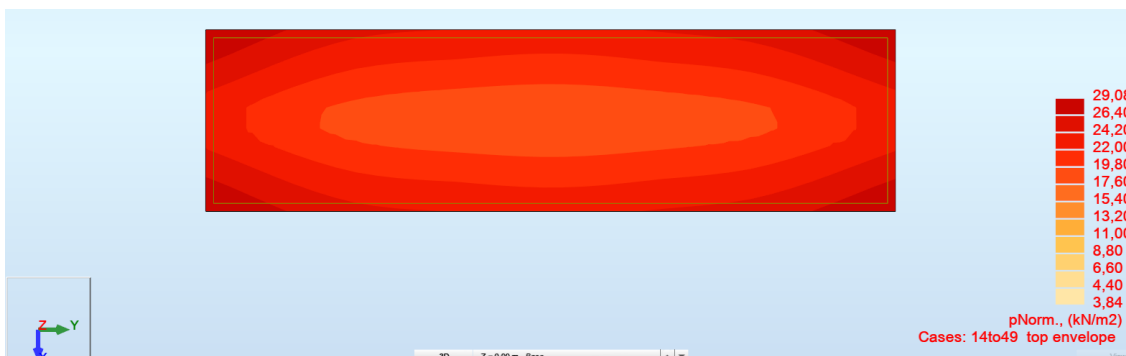


Fig. 66 – Involuppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione –Cabina di Trasformazione BT/AT

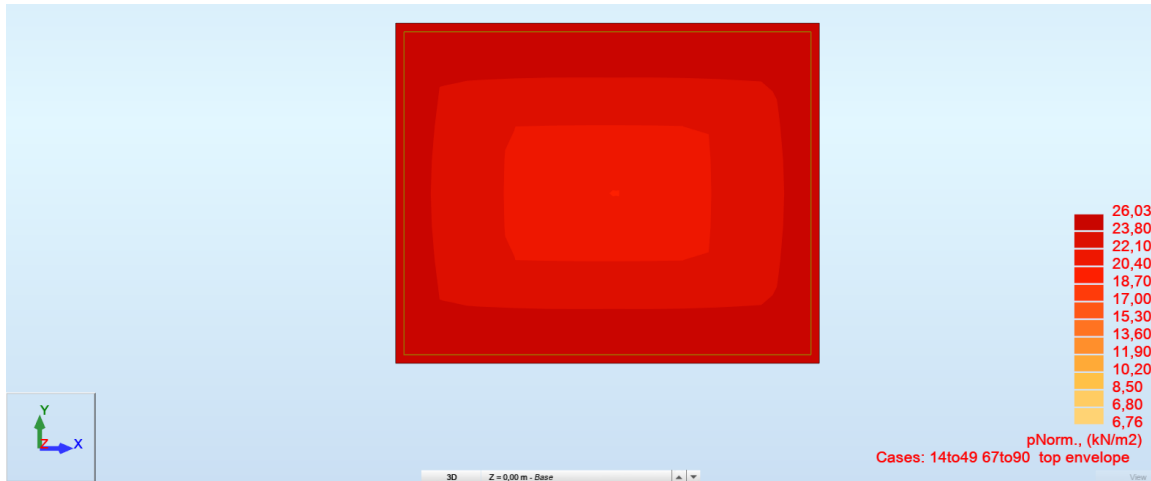


Fig. 67 – Involuppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina Idrogeno 36kV

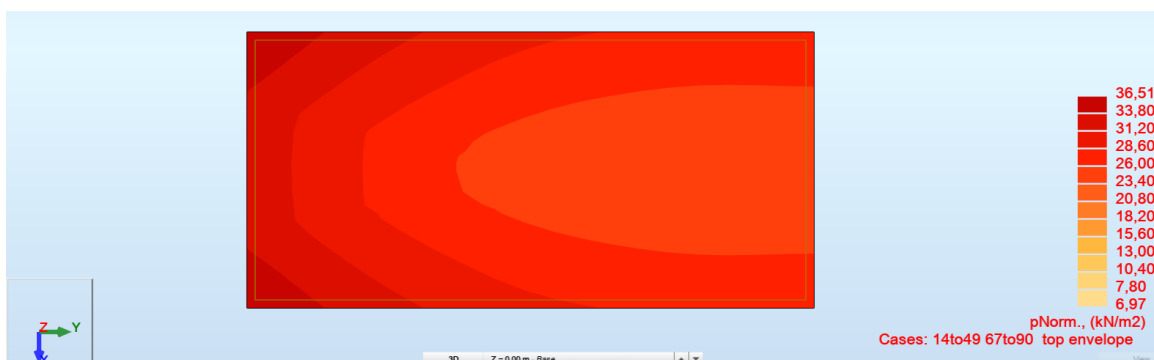


Fig. 68 – Involuppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina Idrogeno 20kV

## VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE

### Verifica a Fessurazione – Fondazione – Cabina di Interfaccia 36KV

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti →  $w_3 = 0.4\text{mm}$

Combinazioni quasi permanenti →  $w_2 = 0.3\text{mm}$

### Verifica delle tensioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo, deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione quasi permanente)}$$

$$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione rara)}$$

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuppi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste ne comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE\_FRE, SLE\_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

### Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66



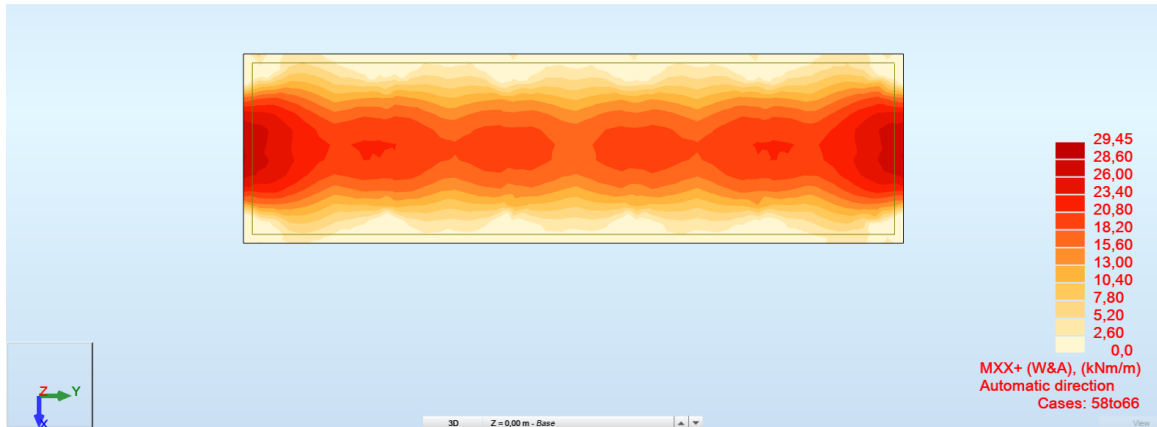


FIG. 69 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

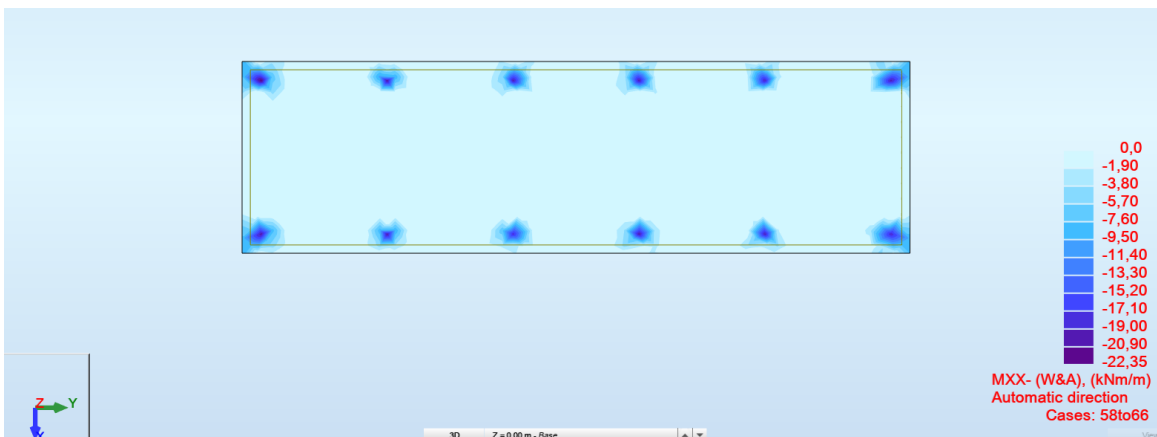


FIG. 70 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

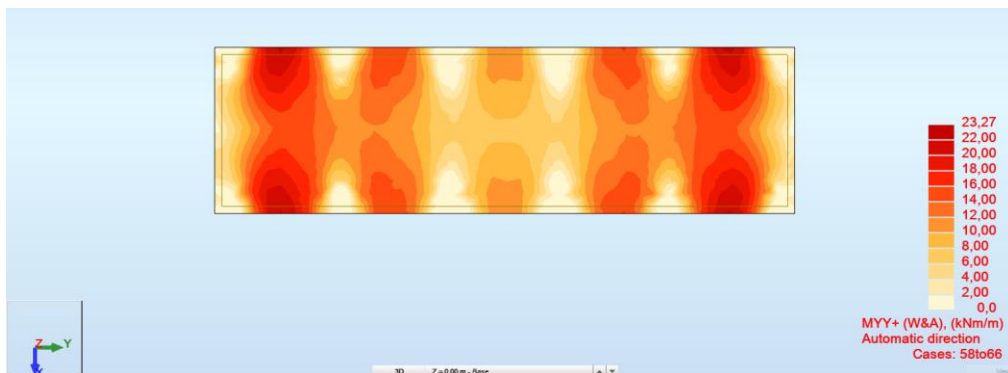


FIG. 71 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

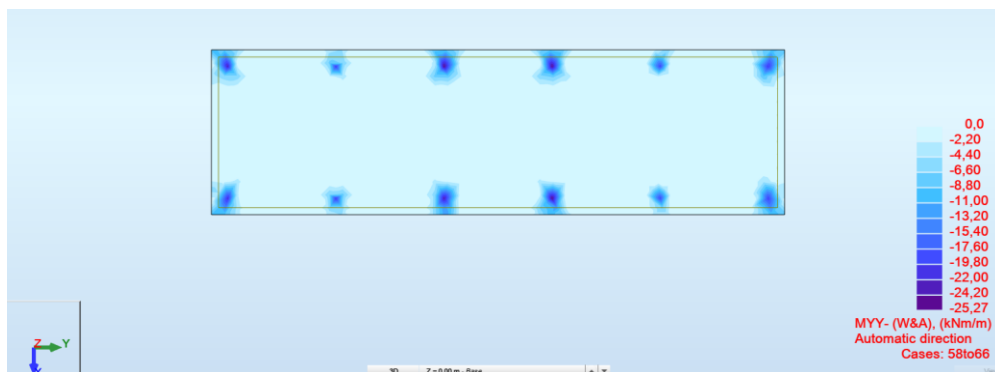


FIG. 72 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento

$M_x = 30 \text{ kNm/m}$  agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq
b	100 cm	
h	30 cm	
Es	210000 N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_s$	230,5 N/mm <sup>2</sup>	
kt	0,4	carico di lunga durata
fctm	2,56 N/mm <sup>2</sup>	
As	5,65 cm <sup>2</sup>	5 $\phi$ 12
c	50 mm	copriferro
d	25 cm	
x	5,64 cm	
hc,ef	8,1 cm	
Ac,ef	812,1 cm <sup>2</sup>	
pp,eff	0,007	
Ecm	31447 N/mm <sup>2</sup>	
$\alpha_e$	6,678	
esm	0,00037	
$0.6(\sigma_s/E_s)$	0,00066	
k1	0,8	Barre Ad. Migl.
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
$\Delta s_{max}$	462,97 mm	
w <sub>d</sub>	0,305 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 4.47 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 230 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.305 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

### Verifica a Fessurazione – Fondazione – Cabina di Trasformazione BT/AT

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti  $\rightarrow w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Combinazioni quasi permanenti  $\rightarrow w_2 = 0.3 \text{ mm}$

### Verifica delle tensioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo, deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione quasi permanente)}$$

$$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione rara)}$$

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE\_FRE, SLE\_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

### Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66

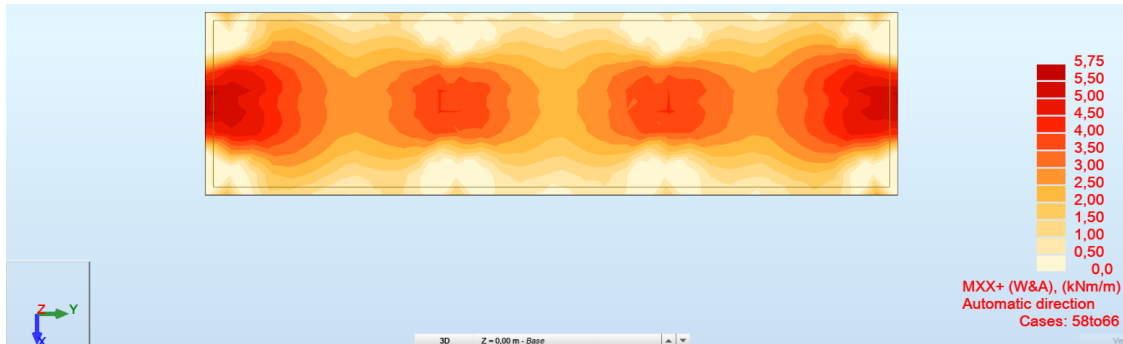


FIG. 73 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

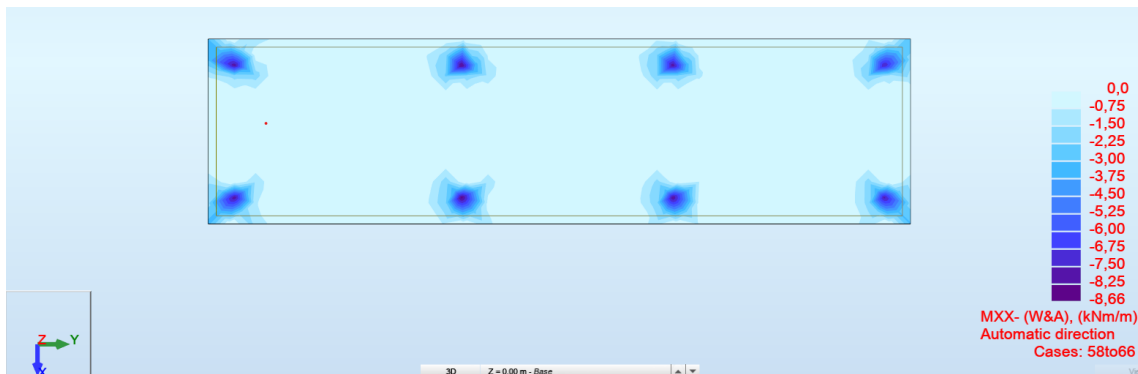


FIG. 74 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

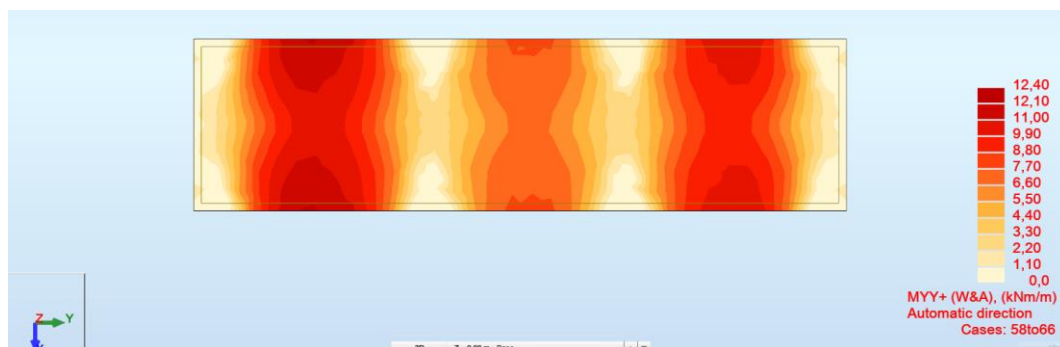


FIG. 75 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

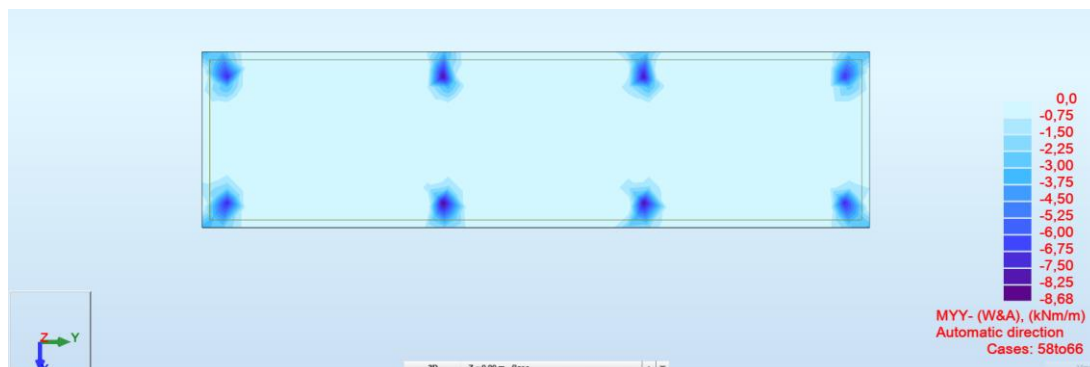


FIG. 76 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento  $M_x = 13\text{kNm/m}$  agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq
b	100 cm	
h	30 cm	
Es	210000 N/mm <sup>2</sup>	
σs	57,3 N/mm <sup>2</sup>	
kt	0,4	carico di lunga durata
fctm	2,56 N/mm <sup>2</sup>	
As	5,65 cm <sup>2</sup>	5ø12
c	50 mm	copriferro
d	25 cm	
x	7,31 cm	
hc,ef	7,6 cm	
Ac,ef	756,5 cm <sup>2</sup>	
pp,eff	0,007	
Ecm	31447 N/mm <sup>2</sup>	
αe	6,678	
esm	-0,00041	
0.6(σs/Es)	0,00016	
k1	0,8	Barre Ad. Migl.
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
Δsmax	442,91 mm	
wd	0,073 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 1.58 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 57 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.073 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

#### **Verifica a Fessurazione – Fondazione -Cabina Idrogeno 36kV**

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti → w3 = 0.4mm

Combinazioni quasi permanenti → w2 = 0.3mm

#### **Verifica delle tensioni di esercizio**

La massima tensione di compressione del calcestruzzo, deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione quasi permanente)}$$

$$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione rara)}$$

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti m<sub>xx</sub> con m<sub>xy</sub> e m<sub>yy</sub> con m<sub>xy</sub>) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE\_FRE, SLE\_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

#### **Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66**

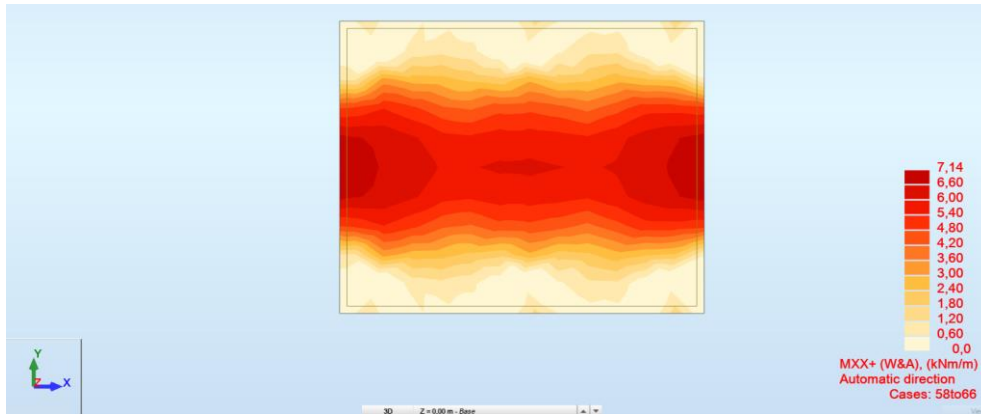


FIG. 77 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

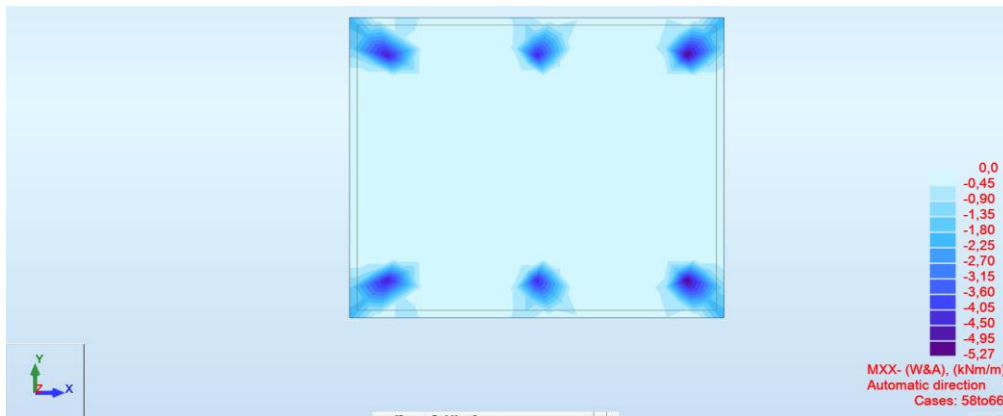


FIG. 78 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

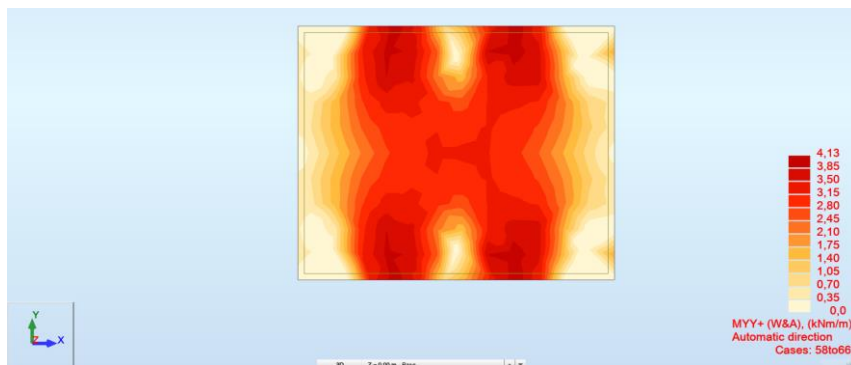


FIG. 79 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

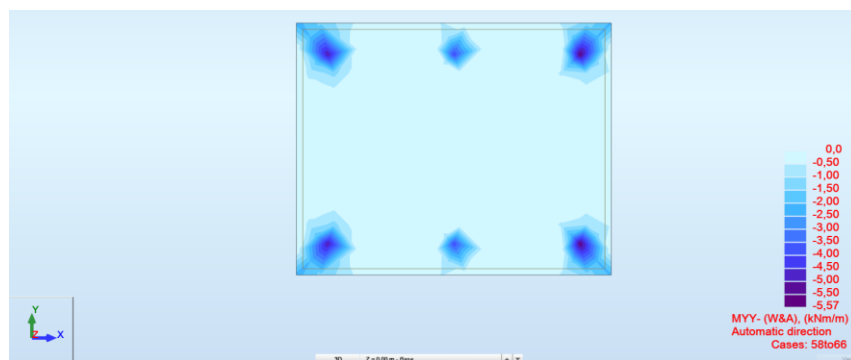


FIG. 80 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento  $M_x = 8\text{ kNm/m}$  agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq ▼
b	100 cm	
h	30 cm	
Es	210000 N/mm <sup>2</sup>	
σs	35,3 N/mm <sup>2</sup>	
kt	0,4	carico di lunga durata ▼
fctm	2,56 N/mm <sup>2</sup>	
As	5,65 cm <sup>2</sup>	5ø12
c	50 mm	copriferro
d	25 cm	
x	7,31 cm	
hc,ef	7,6 cm	
Ac,ef	756,5 cm <sup>2</sup>	
pp,eff	0,007	
Ecm	31447 N/mm <sup>2</sup>	
αe	6,678	
esm	-0,00052	
0.6(σs/Es)	0,00010	
k1	0,8	Barre Ad. Migl. ▼
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
Δsmax	442,91 mm	
wd	0,045 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 0.97 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 35 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.045 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

### Verifica a Fessurazione – Fondazione -Cabina Idrogeno 20kV

Si prendono in considerazione le seguenti combinazioni e massima apertura ammissibile delle fessure:

Combinazioni frequenti → w3 = 0.4mm

Combinazioni quasi permanenti → w2 = 0.3mm

### Verifica delle tensioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo, deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} (25) = 11.25 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione quasi permanente)}$$

$$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione rara)}$$

La massima tensione nell'acciaio dell'armatura deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} (450) = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste nel comporre i momenti flettenti  $m_{xx}$  con  $m_{xy}$  e  $m_{yy}$  con  $m_{xy}$ ) nelle combinazioni agli stati limite di esercizio frequente e quasi permanente (SLE\_FRE, SLE\_QP), le forze interne di tipo membranale sono trascurabili.

### Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°58-66

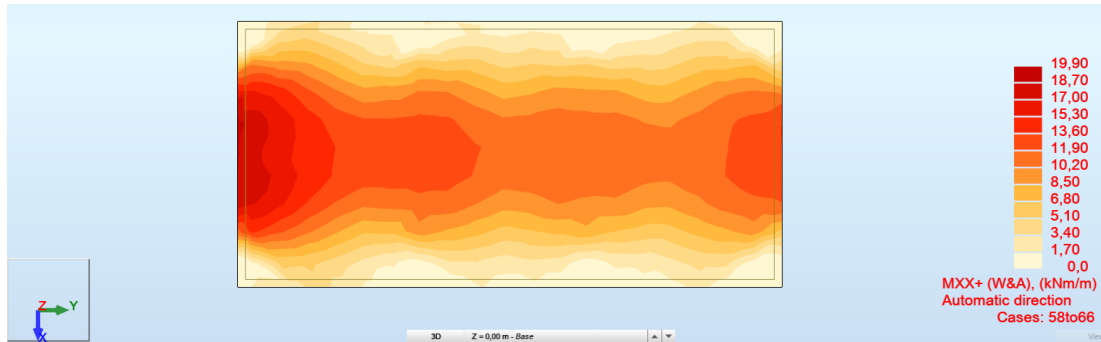


FIG. 81 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X



FIG. 82 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

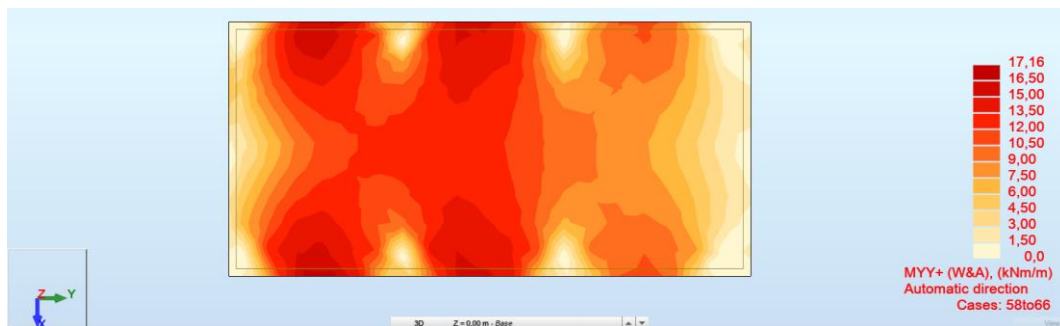


FIG. 83 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

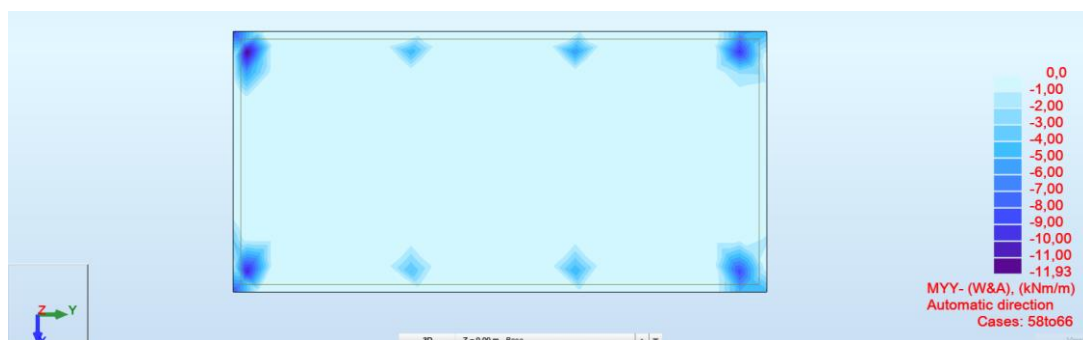


FIG. 84 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento  $M_x = 20\text{kNm/m}$  agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq
b	100 cm	
h	30 cm	
Es	210000 N/mm <sup>2</sup>	
σs	88,2 N/mm <sup>2</sup>	
kt	0,4	carico di lunga durata
fctm	2,56 N/mm <sup>2</sup>	
As	5,65 cm <sup>2</sup>	5ø12
c	50 mm	copriferro
d	25 cm	
x	7,31 cm	
hc,ef	7,6 cm	
Ac,ef	756,5 cm <sup>2</sup>	
pp,eff	0,007	
Ecm	31447 N/mm <sup>2</sup>	
αe	6,678	
εsm	-0,00026	
0.6(σs/Es)	0,00025	
k1	0,8	Barre Ad. Migl.
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
Δsmax	442,91 mm	
wk	0,112 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 2.43 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 88 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.112 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

### VERIFICA A CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE

Di seguito si riporta la mappa dei cedimenti nelle seguenti condizioni:

Peso proprio fondazione e carichi di esercizio applicati SLE

Peso proprio fondazione e carichi di esercizio applicati SLE

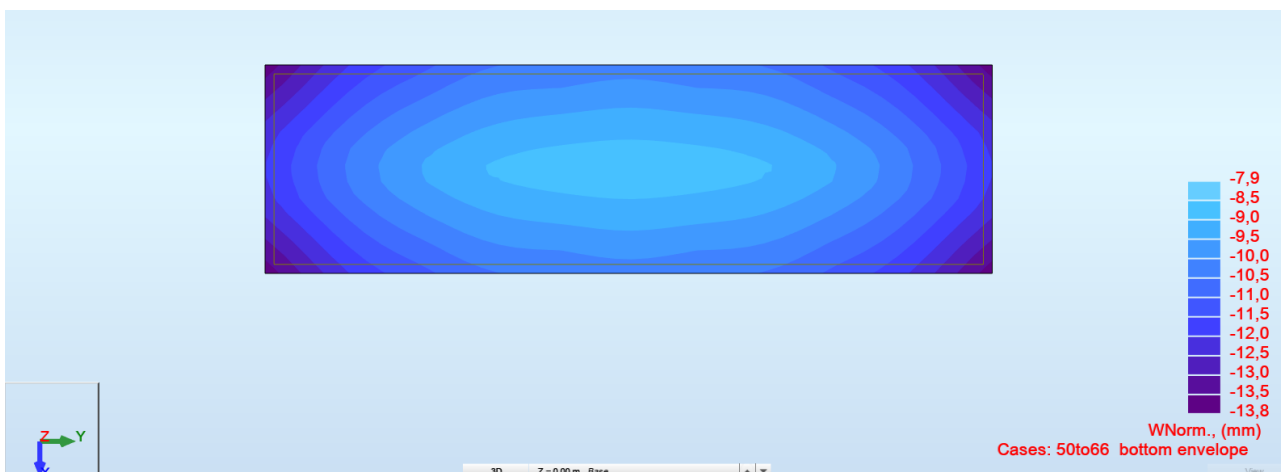


FIG. 85 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI INTERFACCIA



Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{max} = 13.8\text{mm}$$

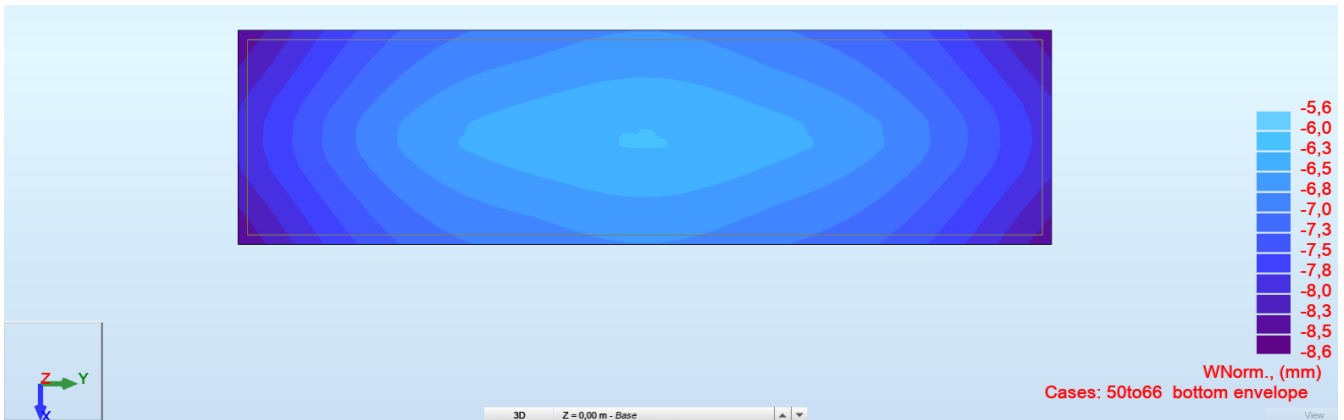


FIG. 86 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI TRASFORMAZIONE BT/AT

Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{max} = 8.6\text{mm}$$

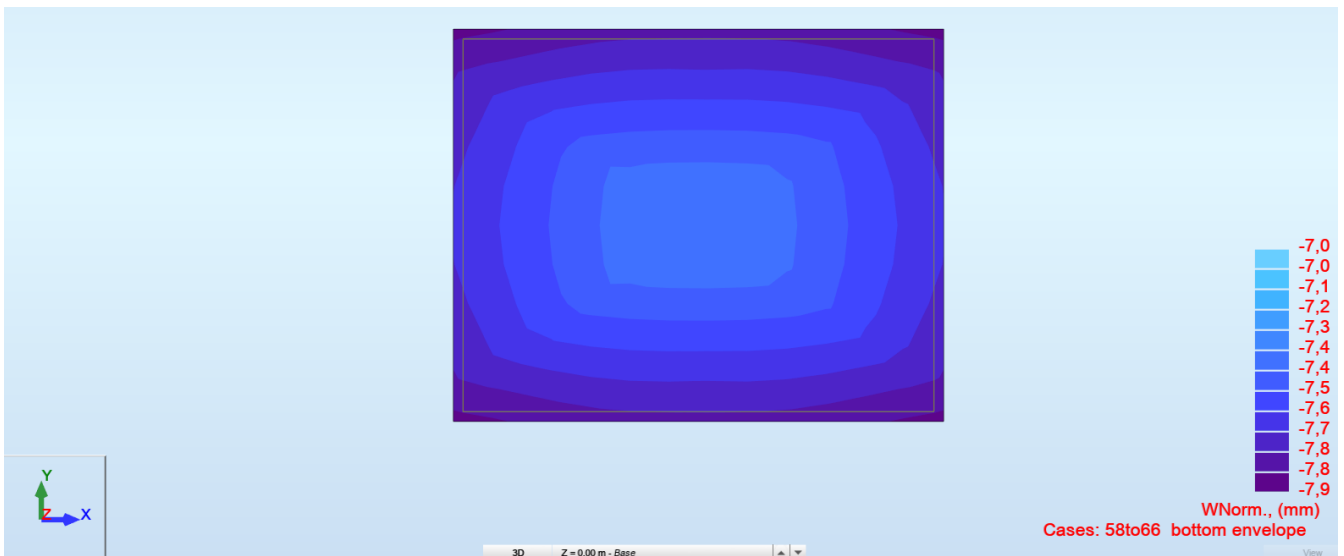


FIG. 87 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA IDROGENO 36kV

Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{\max} = 7.6\text{mm}$$

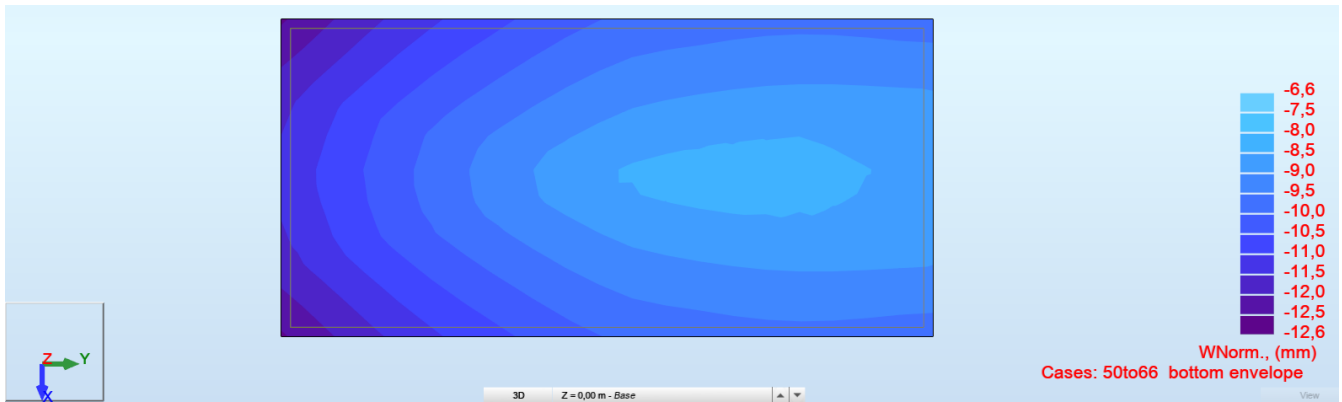


FIG. 88 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA IDROGENO 20kV

Come si può notare dalla mappa sopra riportata nella combinazione SLE il valore massimo del cedimento risulta:

$$w_{\max} = 12.6\text{mm}$$

### 3. CONCLUSIONI

Dal punto di vista strutturale le analisi consentono di concludere che l'intero sistema fondazione-terreno soddisfa le verifiche effettuate sia in termini di strutturali che geotecnici, garantendo quindi il rispetto dei requisiti di sicurezza e di durabilità imposti dalle norme vigenti.

#### TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni.

L'analisi statica è di tipo lineare e utilizza il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Per la struttura in oggetto l'analisi sismica è di tipo lineare dinamica, mediante analisi modale con spettro di risposta in termini di accelerazione secondo le disposizioni dei capitoli 3 e 7 del DM. 17/01/2018.

L'analisi strutturale è effettuata con il metodo degli elementi finiti.

Nel caso specifico gli elementi travi e colonne sono stati modellati tramite l'utilizzo di elementi monodimensionali tipo "beam" mentre gli elementi controventi tramite elementi "truss".

Il metodo degli elementi finiti sopra indicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi.

I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z).

La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi.

L'analisi strutturale è eseguita mediante analisi di rigidità per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti Ultimi.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

### **ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO**

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore/distributore e versione:

<b>Titolo</b>	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022
<b>Autore</b>	Autodesk Inc.
<b>Produttore</b>	Autodesk Inc.
<b>Fornitore</b>	Autodesk Inc.
<b>Versione</b>	35.0.1.8274 (x64)

### **AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

La società produttrice Autodesk, ha verificato tramite le società AFNOR e NAFEMS, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Di seguito è possibile consultare parte della documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati scelti in funzione della tipologia di struttura calcolata con il modello di calcolo.

La valutazione della affidabilità e idoneità del software per questo progetto è stata consentita da un esame della documentazione fornita dallo sviluppatore.

Questa documentazione contiene la descrizione completa della base teorica, gli algoritmi utilizzati, l'individuazione delle aree di applicazione, test (con file di input necessari a riprodurre il processo) del tutto risolti e discussi.

### **MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

I dati contenuti nella relazione di calcolo strutturale sono tali da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare la relazione di calcolo illustra in modo chiaro ed esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi sia in forma tabellare che grafica, tale da avere una sintesi completa e efficace del comportamento della struttura per ogni tipo di analisi svolta.

### **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE**

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, quali mesh non coerente, presenza di nodi isolati, assenza di vincoli, il non rispetto delle limitazioni geometriche, la presenza di elementi non verificati, la non convergenza del calcolo nel caso di analisi non lineare, il mancato raggiungimento dei limiti normativi, la ridondanza di oggetti modellati, etc...

Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI**

Oltre al controllo automatico condotto dal software, i risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti ad ulteriori controlli che ne comprovano l'attendibilità e l'accettabilità.

Questi controlli, eseguiti manualmente con metodi tradizionali, consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e

carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc..

In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è **corretta ed idonea al caso specifico**, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi **validi ed accettabili**.

## 2. PLATE/SHELL STRUCTURES

22



Autodesk (and other products) are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product offerings and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document. © 2020 Autodesk, Inc. All rights reserved.

**VERIFICATION EXAMPLE**

Tension of perforated membrane - SSLP02

Name of the test:

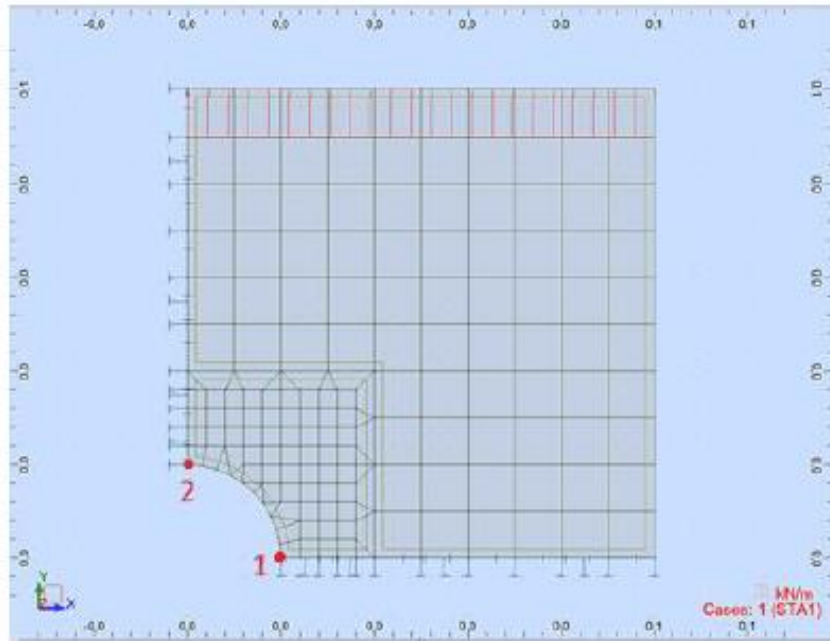
SSLP02

Reference:

AFNOR

Specification: Simple tension of perforated membrane.

GEOMETRY: ¼ of a model analyzed (due to symmetry) with a mesh 10x10



DATA FILE SSLP02.rtd

COMPARISON:

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
1	Stress $\sigma_{xx}$ (N/mm <sup>2</sup> )	6.94	7.5	7.47
2	Stress $\sigma_{xx}$ (N/mm <sup>2</sup> )	- 2.57	- 2.5	2.80

CONCLUSION:

Poor agreement of results.

**VERIFICATION EXAMPLE**

Rectangular plate: cantilever slab - SSSL01

Name of the test:

SSLS01

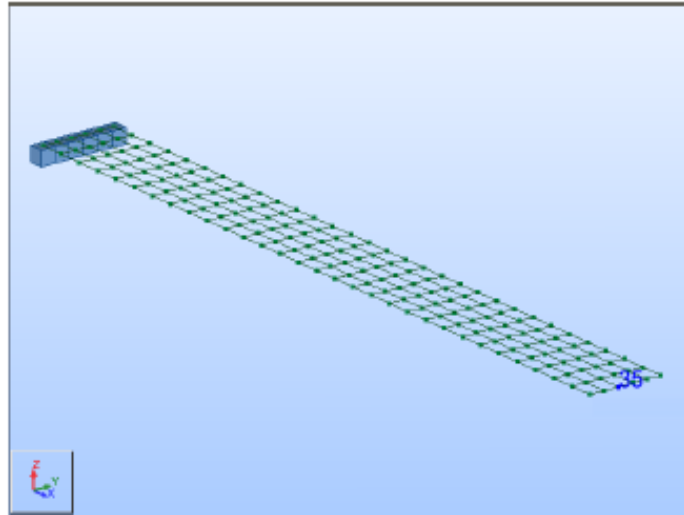
Reference:

AFNOR

Specification:

Cantilever slab under uniform pressure

**GEOMETRY:**



DATA FILE

SSLS01.rtd

**COMPARISON:**

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
35	Displacement UZ (mm)	- 95.919	- 95.90	0.021

**CONCLUSION:**

Excellent agreement of results.

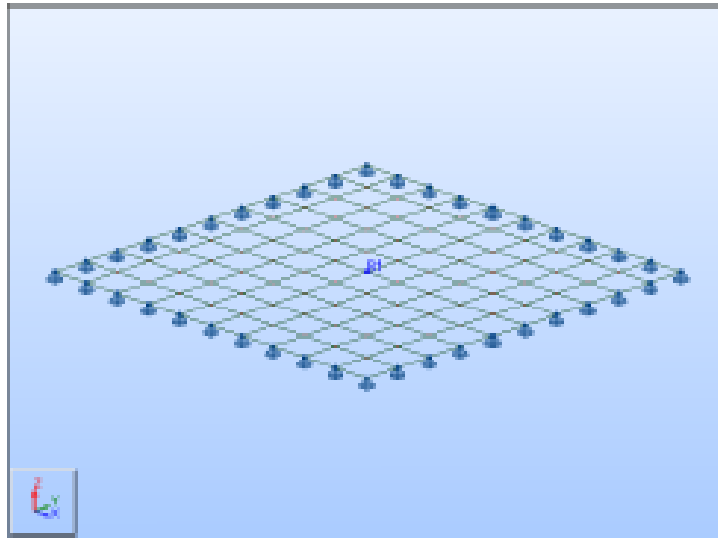


## VERIFICATION EXAMPLE

### Simply supported square plate - SSSL02

Name of the test: SSLS02  
 Reference: AFNOR  
 Specification: Simply supported square plate under self weight.

**GEOMETRY:**



DATA FILE: SSLS02.rtd

**COMPARISON:**

Node	Compared result	R&A 2021	AFNOR	Difference %
261	Displacement UZ (mm)	- 16.47	- 16.45*	0.122

\* "Guide..." presents an incorrect value (compare with SSSL 24)

**CONCLUSION:**

Excellent agreement of results.

**VERIFICATION EXAMPLE**

Circular plate under uniform load - SLS03

Name of the test:

SLS03

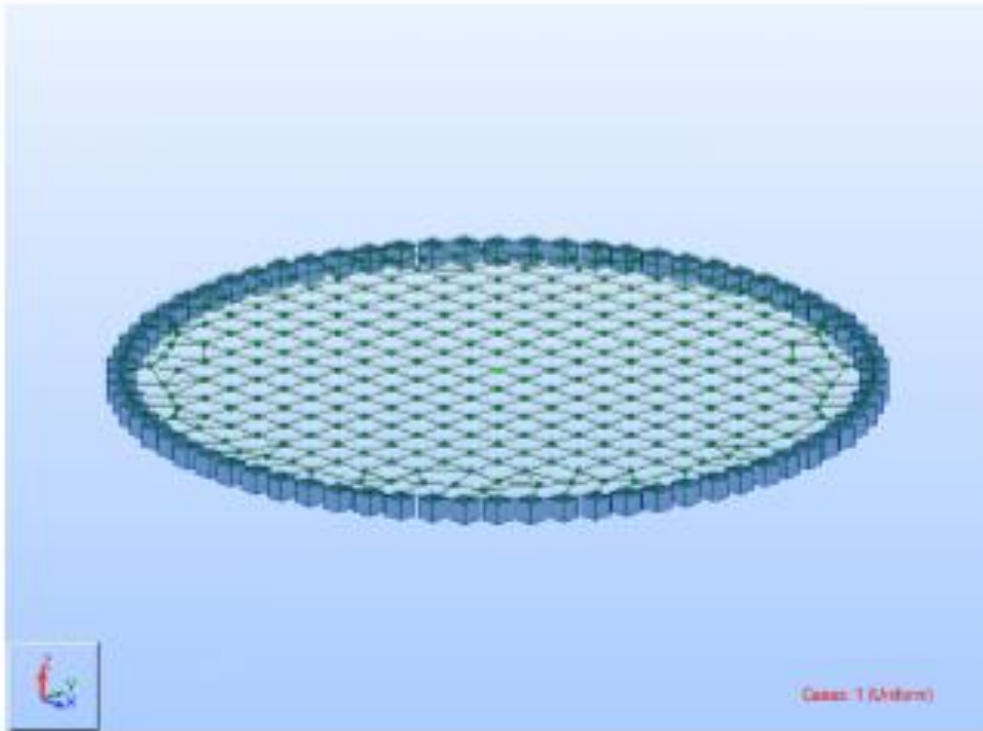
Reference:

AFNOR

Specification:

Circular plate with clamped edges under uniform load

**GEOMETRY:**



**DATA FILES:**

SLS03.rtd

**COMPARISON:**

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
1	Displacement UZ (mm)	- 6.477	- 6.500	0.36

**CONCLUSION:**

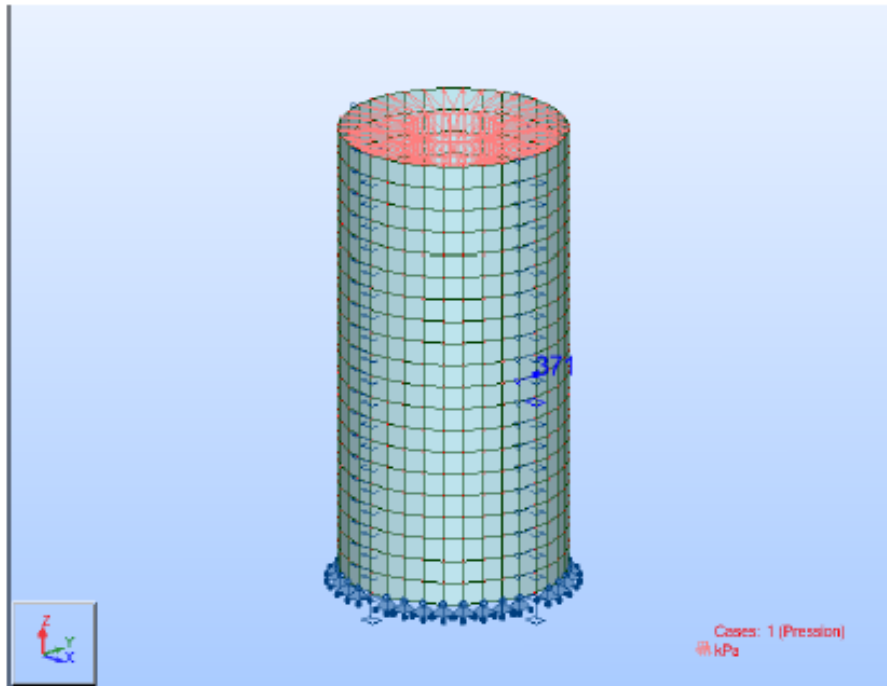
Very good agreement of results.

## VERIFICATION EXAMPLE

### Thin-walled cylinder under uniform radial pressure - SSSL06

Name of the test: SSSL06  
 Reference: AFNOR  
 Specification: Shell - Cylinder - Material: elastic - Pressure

#### GEOMETRY:



DATA FILE: SSSL06.rtd

#### COMPARISON:

Node	Compared result	RSA 2021	AFNOR	Difference %
371	Displacement UX (mm)	2.371 e-3	2.380 e-3	0.378
371	Circumfer. stress [kPa]	498.1	500.0	0.380
741	Displacement UZ (mm)	- 2.964 e-3	- 2.860 e-3	1.036

#### CONCLUSION:

Good agreement of results.

