



# IMPIANTO AGRIVOLTAICO E OPERE DI CONNESSIONE

## PACIFICO DOLOMITE S.R.L.

POTENZA IMPIANTO 83,19 MW - COMUNE DI NORAGUGUME (NU)

### Proponente

**PACIFICO DOLOMITE S.R.L.**

PIAZZA WALTER VON VOGELWEIDE 8 - 39100 BOLZANO - P.IVA: 03158110217 – PEC: [pacificodolomitesrl@legalmail.it](mailto:pacificodolomitesrl@legalmail.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

**P.ind. Michele Lambertini**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)  
Tel.: +39 0532 202613 – email: [m.lambertini@incico.com](mailto:m.lambertini@incico.com)

### Coordinamento progettuale

**SOLAR IT S.R.L.**

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: [solarit@lamiapec.it](mailto:solarit@lamiapec.it)  
Tel.: +390425 072 257 – email: [info@solaritglobal.com](mailto:info@solaritglobal.com)

### Titolo Elaborato

#### Relazione tecnica strutture

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL09	22SOL08_PD_REL09.00-Relazione tecnica strutture.docx	20/12/2022

### Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	20/12/22	EMISSIONE PER PERMITTING	LAR	ARU	ARU

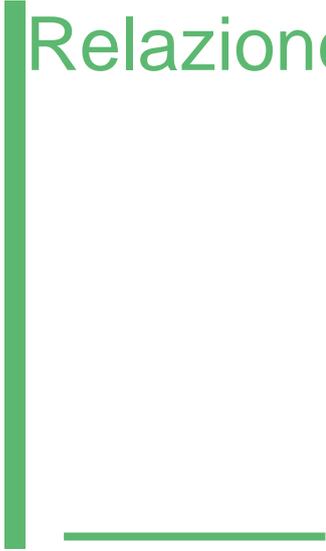


**COMUNE DI NORAGUGUME (NU)**  
**REGIONE SARDEGNA**



**PACIFICO**

# Relazione tecnica strutture



## INDICE

1. OPERE IN ACCIAIO .....	4
PREMESSA.....	4
INTRODUZIONE .....	5
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
MATERIALI.....	8
CARICHI ELEMENTARI .....	9
Peso proprio strutture (G1) .....	9
Carichi permanenti non strutturali (G2) .....	10
Carichi da vento (Wx/Wy) .....	10
Carico da Neve (N) .....	12
Azione Sismica (E) .....	12
COMBINAZIONI DI CARICO .....	12
PROGRAMMA DI CALCOLO .....	14
MODELLO DI CALCOLO.....	16
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	20
REAZIONI AL PIEDE DELLA STRUTTURA .....	20
VERIFICHE ALLO SLU DEI PROFILI PIÙ SOLLECITATI.....	22
2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA .....	23
PREMESSA.....	23
INTRODUZIONE .....	23
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	24
Normativa progettazione strutturale .....	24
MATERIALI.....	25
Acciaio per cemento armato .....	26
CARICHI ELEMENTARI .....	26
CARICHI CABINATI.....	26
Peso Proprio Struttura (G1) .....	26
Carichi permanenti non strutturali (G2) .....	27
Carichi variabili di esercizio su copertura (Q) .....	27
Carico della neve (N) .....	27
Carico del vento (Wx+/Wx-/Wy+/Wy-).....	27
Variazione termica (T).....	29
Carichi Sismici .....	29
Reazioni Vincolari SW Station .....	30
Reazioni Vincolari Trasformatori .....	32
COMBINAZIONI DI CARICO .....	34

Combinazioni di carico per Fondazioni .....	34
PROGRAMMA DI CALCOLO .....	36
MODELLO DI CALCOLO SW STATION.....	39
Trasformatore .....	43
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	45
DATI DI OUTPUT .....	50
Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – SW Station .....	51
Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – SW Station.....	54
Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Trasformatore.....	57
Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Trasformatore .....	59
VERIFICHE DI STABILITA' - SCORRIMENTO .....	61
Verifica a ribaltamento .....	61
Verifica a Capacità Portante .....	62
Verifica agli stati limite di esercizio SLE – Fondazione – SW Station .....	62
Verifica agli stati limite di esercizio SLE – Fondazione – Trasformatore.....	67
Verifica a Cedimento Fondazione .....	72
3. CONCLUSIONI .....	73
TIPO DI ANALISI SVOLTA .....	73
ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO.....	74
AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI.....	74
MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI .....	74
INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	75
GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI.....	75
DOCUMENTAZIONE CASI PROVA .....	76

## 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 PACIFICO DOLOMITE S.r.l. con sede in Piazza Walther Von Vogelweide 8 (BZ).

Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Noragugume (NU) 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

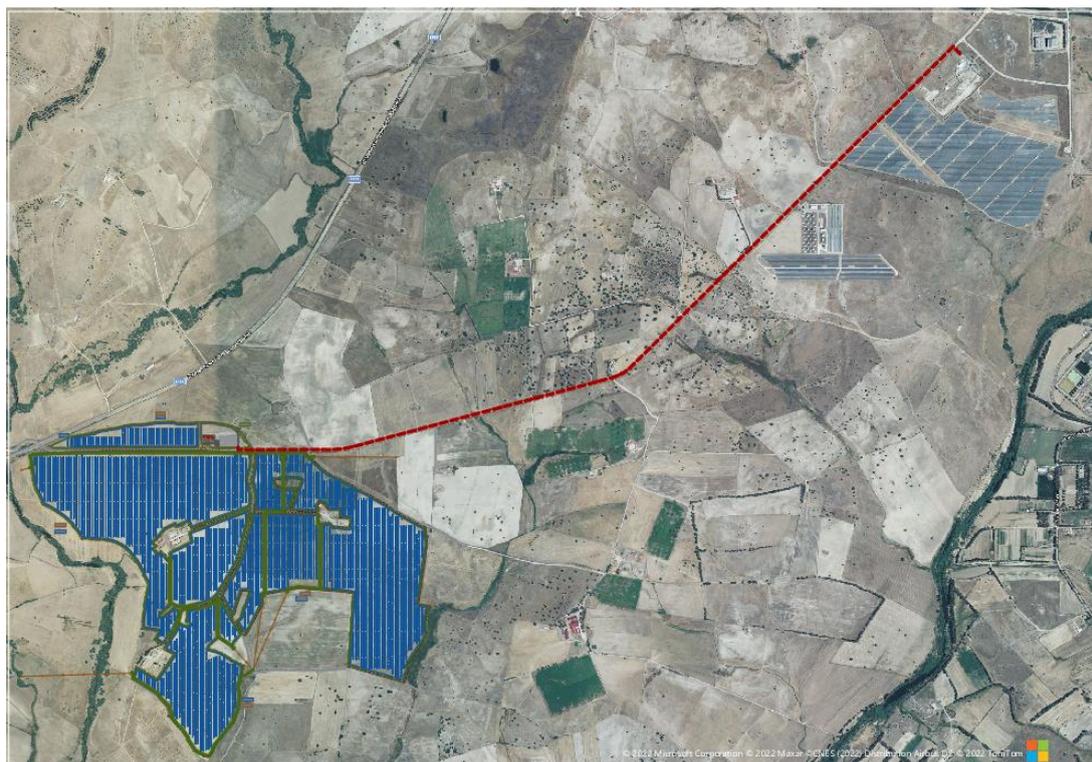


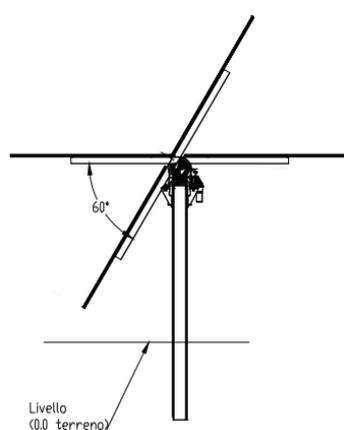
FIG. 1 – Vista satellitare dell'impianto

## 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.

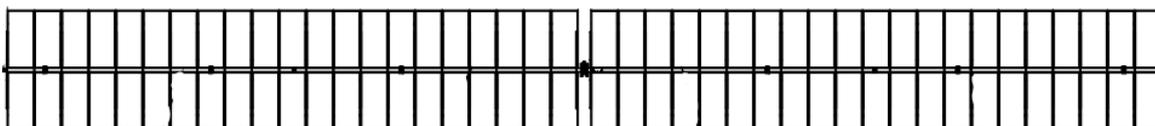
I pali hanno una lunghezza totale di metri 10.4m sono infissi nel terreno per metri 7.0 partendo dalla quota campagna.

La fondazione è realizzata mediante palo battuto in acciaio con sezione  $\varnothing 323 \times 7.1$  mm in acciaio di qualità S275 JR e lunghezza 7.0m.



NORD

SUD



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(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT(**)			DUT(**)		

(\*) 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 poliuretanica.

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 EN 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, JD, 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);  
 S355J0W, S235J2W, S355J0W, S355J2W e S355K2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione migliorata).  
 (2) Tolleranze 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.

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

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

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

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

$E = 210000$  MPa modulo elastico longitudinale

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

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  °C<sup>-1</sup> coefficiente di espansione termica lineare (fino a 100°C)

$\rho = 7850$  kg/m<sup>3</sup> 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.



- Peso dell'acciaio  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$

Si applica un incremento del 15% sul peso proprio per tener conto di collegamenti e giunzioni.

### Carichi permanenti non strutturali (G2)

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

#### MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384 × 1303 × 35 mm (93.86 × 51.30 × 1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / Trina Solar TS4

### Carichi da vento (Wx/Wy)

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: Noragugume (NU);

Regione: Sardegna

Zona: 6  $(v_{b,0} = 28 \text{ m/s}, a_0 = 500 \text{ m}, k_s=0.36).$

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

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:  $a_s = 288 \text{ m s.l.m.} < a_0 = 5000 \text{ m}$

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

Velocità di riferimento  $v_r = v_b \cdot C_r = 28.0 \text{ m/s} \quad (Tr=50 \text{ anni} \Rightarrow Cr=1)$

Pressione cinetica di riferimento  $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 490 \text{ N/m}^2$

Coefficiente di esposizione:

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

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

ct = 1                      coefficiente di topografia

<b>Coefficiente di esposizione minimo</b>	<b>Ce,min</b>	1.800	<b>Z ≤ 4m</b>
<b>Coefficiente di esposizione al colmo</b>	<b>Ce, 5.5m</b>	1.99	<b>Z = 5.5m</b>

ce = 1.99                      (per zcolmo = 5.5 m)                      q = qb · ce = 490 · 1.99 = 0.98 N/m2 = 0.883 kN/m2

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

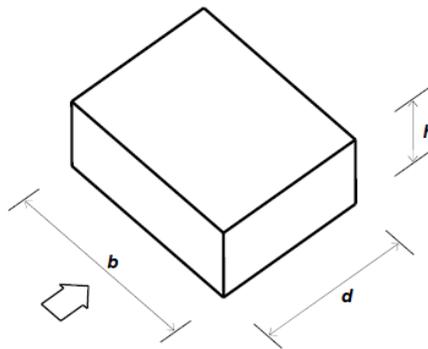


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

Tabella G.I – Edifici a pianta rettangolare: c<sub>pe</sub> per facce sopravento, sottovento e laterali.

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

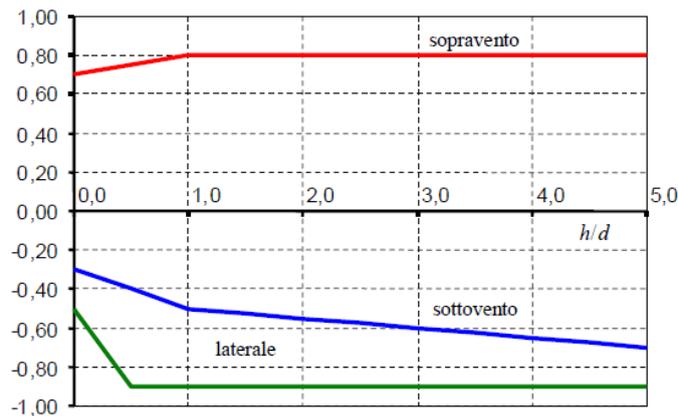


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c<sub>pe</sub> per facce sopravento, sottovento e laterali.

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

**P=1.0 kN/m<sup>2</sup>**

### Carico da Neve (N)

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

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot Ct$$

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

Zona di carico della neve III

$$q_{sk} = 0.7 \text{ kN/m}^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare  $a_s = 288\text{m} > 200\text{m}$

$$q_{sk} = 0.51 \cdot [1 + (a_s/481)^2] = 0.7 \text{ kN/m}^2$$

Coefficiente di esposizione  $CE = 1.0$

Coefficiente termico  $Ct = 0.9$

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

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

### Azione Sismica (E)

Il comune di Noragugume (NU) è classificato a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 4.

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<sub>R</sub>" che, associato alla "probabilità di superamento nel periodo di riferimento" P<sub>VR</sub>, determina il periodo di ritorno T<sub>R</sub> del sisma. Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

T<sub>R</sub> = V<sub>R</sub> stato limite di danno (SLD)

T<sub>R</sub> = 9.50 · V<sub>R</sub> stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

La vita di riferimento dell'opera si calcola dal prodotto tra la vita nominale V<sub>N</sub>, 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<sub>U</sub> che traduce la destinazione d'uso dell'opera quantificandone l'importanza/pericolosità.

Tuttavia, trattandosi di zona sismica "4", 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):  

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

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{33} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SI.F), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{33} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:  

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

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

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$
 [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 $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(4)}$	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>(4)</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,

| PACIFICO DOLOMITE S.R.L. | Cap. Soc. 10.000 € i.v. | P.IVA: 03158110217 |

Sede Legale: Piazza Walter Von Vogelweide 8 | 39100 Bolzano | Italia | PEC: pacificodolomitesrl@legalmail.it |

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.

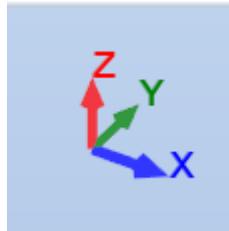


FIG. 3 – Sistema di riferimento globale modello 3d

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

Unità di misura utilizzate : kN, kNm

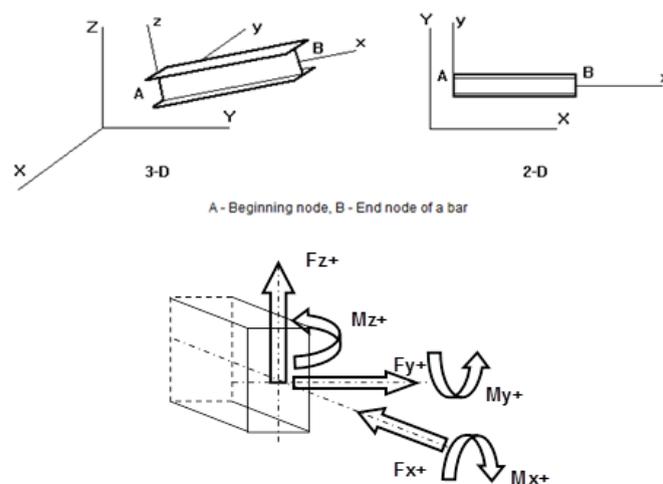


FIG. 4 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

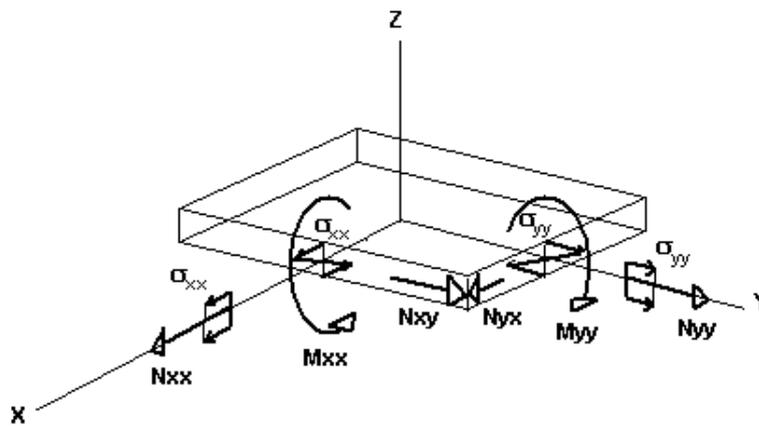


FIG. 5 – Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

### 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 +3.40m su cui andranno installati dei moduli di pannelli fotovoltaici con le seguenti caratteristiche

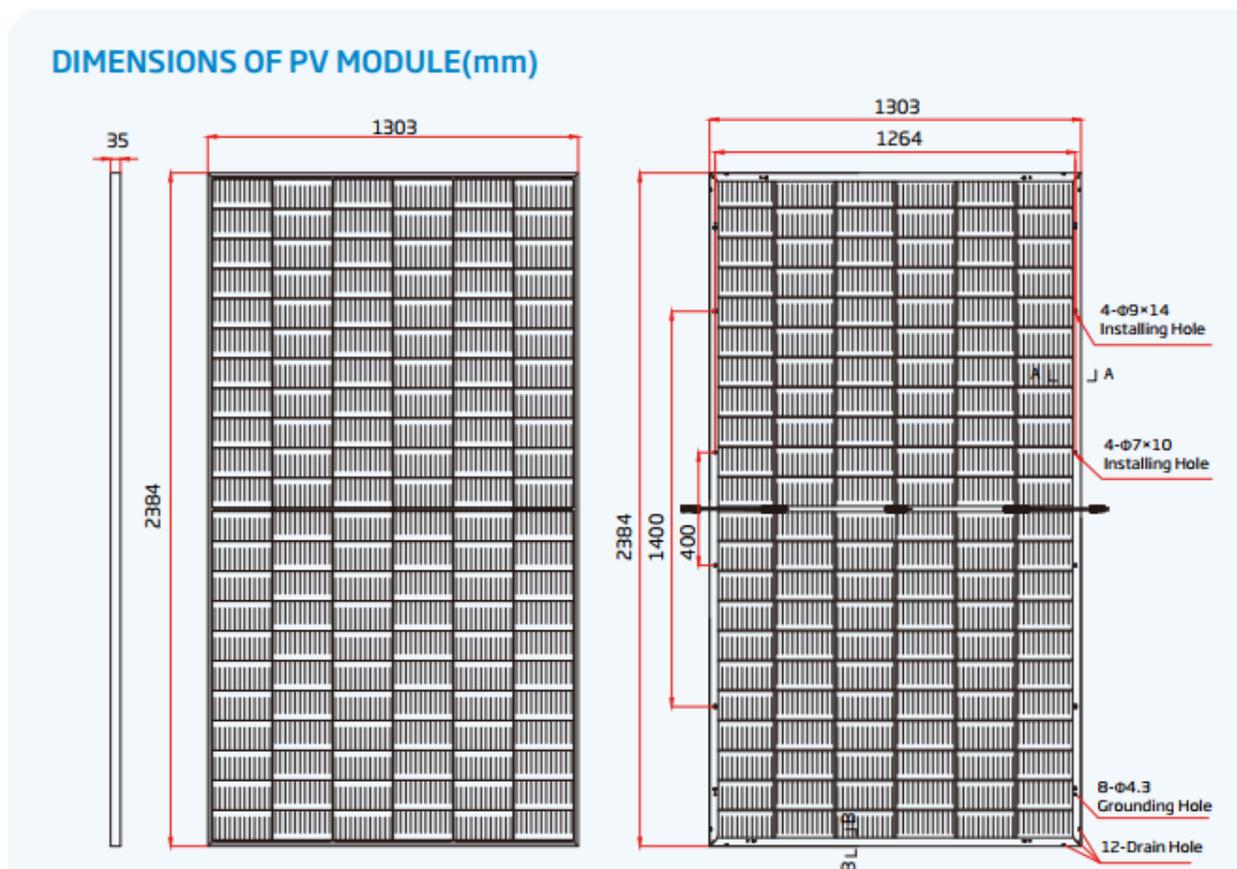


FIG. 6 – Datasheet Moduli PV

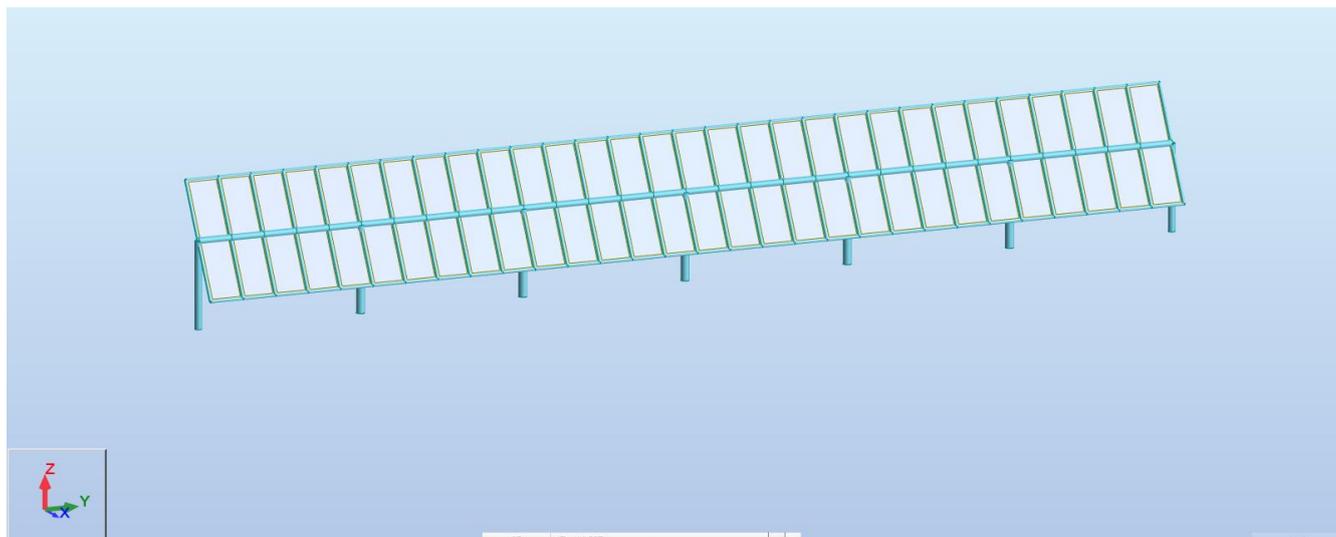


FIG. 7 – Vista 3D del modello di calcolo



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
1	0,0	0,0	0,0	Incastro
2	0,0	6,550	0,0	Incastro
3	0,0	13,100	0,0	Incastro
4	0,0	19,650	0,0	Incastro
5	0,0	26,200	0,0	Incastro
6	0,0	32,750	0,0	Incastro
7	0,0	39,300	0,0	Incastro
101	1,200	0,0	1,322	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
102	-1,200	0,0	5,478	
103	-1,200	1,310	5,478	
104	1,200	1,310	1,322	
105	-1,200	2,620	5,478	
106	1,200	2,620	1,322	
107	-1,200	3,930	5,478	
108	1,200	3,930	1,322	
109	-1,200	5,240	5,478	
110	1,200	5,240	1,322	
111	-1,200	6,550	5,478	
112	1,200	6,550	1,322	
113	-1,200	7,860	5,478	
114	1,200	7,860	1,322	
115	-1,200	9,170	5,478	
116	1,200	9,170	1,322	
117	-1,200	10,480	5,478	
118	1,200	10,480	1,322	
119	-1,200	11,790	5,478	
120	1,200	11,790	1,322	
121	-1,200	13,100	5,478	
122	1,200	13,100	1,322	
123	-1,200	14,410	5,478	
124	1,200	14,410	1,322	
125	-1,200	15,720	5,478	
126	1,200	15,720	1,322	
127	-1,200	17,030	5,478	
128	1,200	17,030	1,322	
129	-1,200	18,340	5,478	
130	1,200	18,340	1,322	
131	-1,200	19,650	5,478	
132	1,200	19,650	1,322	
133	-1,200	20,960	5,478	
134	1,200	20,960	1,322	
135	-1,200	22,270	5,478	
136	1,200	22,270	1,322	
137	-1,200	23,580	5,478	
138	1,200	23,580	1,322	
139	-1,200	24,890	5,478	
140	1,200	24,890	1,322	
141	-1,200	26,200	5,478	
142	1,200	26,200	1,322	
143	-1,200	27,510	5,478	
144	1,200	27,510	1,322	
145	-1,200	28,820	5,478	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
146	1,200	28,820	1,322	
147	-1,200	30,130	5,478	
148	1,200	30,130	1,322	
149	-1,200	31,440	5,478	
150	1,200	31,440	1,322	
151	-1,200	32,750	5,478	
152	1,200	32,750	1,322	
153	-1,200	34,060	5,478	
154	1,200	34,060	1,322	
155	-1,200	35,370	5,478	
156	1,200	35,370	1,322	
157	-1,200	36,680	5,478	
158	1,200	36,680	1,322	
159	-1,200	37,990	5,478	
160	1,200	37,990	1,322	
161	-1,200	39,300	5,478	
162	1,200	39,300	1,322	
1001	0,0	0,0	3,400	
1002	0,0	1,310	3,400	
1003	0,0	2,620	3,400	
1004	0,0	3,930	3,400	
1005	0,0	5,240	3,400	
1006	0,0	6,550	3,400	
1007	0,0	7,860	3,400	
1008	0,0	9,170	3,400	
1009	0,0	10,480	3,400	
1010	0,0	11,790	3,400	
1011	0,0	13,100	3,400	
1012	0,0	14,410	3,400	
1013	0,0	15,720	3,400	
1014	0,0	17,030	3,400	
1015	0,0	18,340	3,400	
1016	0,0	19,650	3,400	
1017	0,0	20,960	3,400	
1018	0,0	22,270	3,400	
1019	0,0	23,580	3,400	
1020	0,0	24,890	3,400	
1021	0,0	26,200	3,400	
1022	0,0	27,510	3,400	
1023	0,0	28,820	3,400	
1024	0,0	30,130	3,400	
1025	0,0	31,440	3,400	
1026	0,0	32,750	3,400	
1027	0,0	34,060	3,400	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1028	0,0	35,370	3,400	
1029	0,0	36,680	3,400	
1030	0,0	37,990	3,400	
1031	0,0	39,300	3,400	

### 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	Wx	Wx	Vento
4	Wy	Wy	Vento

### Valori dei Carichi

Condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1:G1	peso proprio	1a30 101a222 501a560 1016a1022	' PZ Negativo Coeff.=1,00
2:G2	(EF) uniformi	501a560	' PZ=-0,130(kN/m2)
3:Wx	(EF) uniformi	501a560	' PX=1,000(kN/m2)
4:Wy	(EF) uniformi	501a560	' PY=0,016(kN/m2)

### 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

Azioni alla base Strut.– Sistema globale in formato DDC – Cond.: 1a4

Valori

Nodo/Condiz./Modo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 2	-0,015	0,510	1,886	-0,565	-0,041	-0,065
1/ 3	-14,118	-0,793	0,450	0,882	-49,499	5,236
1/ 4	0,000	-0,263	-0,103	0,543	0,001	-0,006
2/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2/ 2	0,018	-0,097	4,254	0,125	0,046	0,021
2/ 3	-33,042	0,333	-0,576	-0,394	-110,652	-0,799
2/ 4	0,001	-0,500	0,000	1,030	0,004	-0,006
3/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/ 2	-0,002	-0,001	4,076	0,009	-0,004	-0,001
3/ 3	-31,441	-0,025	0,122	0,020	-107,066	-0,068
3/ 4	-0,000	-0,500	-0,000	1,029	0,000	-0,007
4/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4/ 2	-0,000	-0,000	4,092	0,000	-0,001	0,000
4/ 3	-31,437	0,000	0,009	-0,000	-106,944	-0,000
4/ 4	-0,000	-0,500	0,000	1,029	-0,000	-0,007
5/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5/ 2	-0,002	0,001	4,076	-0,009	-0,004	0,001
5/ 3	-31,441	0,025	0,122	-0,020	-107,066	0,068
5/ 4	0,000	-0,500	0,000	1,029	-0,000	-0,007
6/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6/ 2	0,018	0,097	4,254	-0,125	0,046	-0,021
6/ 3	-33,042	-0,333	-0,576	0,394	-110,652	0,799
6/ 4	-0,001	-0,500	-0,000	1,030	-0,004	-0,006
7/ 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7/ 2	-0,015	-0,510	1,886	0,565	-0,041	0,065
7/ 3	-14,118	0,793	0,450	-0,882	-49,499	-5,236
7/ 4	-0,000	-0,263	0,103	0,543	-0,001	-0,006

## 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

Barra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione
1 Colonna 1-1_1	TRON 273x6.3	S 275	72.10	72.10	0.63	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
2 Colonna 1-1_2	TRON 323x7.1	S 275	60.70	60.70	0.89	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
3 Colonna 1-1_3	TRON 323x7.1	S 275	60.70	60.70	0.86	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
4 Colonna 1-1_4	TRON 323x7.1	S 275	60.70	60.70	0.86	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
5 Colonna 1-1_5	TRON 323x7.1	S 275	60.70	60.70	0.86	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
6 Colonna 1-1_6	TRON 323x7.1	S 275	60.70	60.70	0.89	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx
7 Colonna 1-1_7	TRON 273x6.3	S 275	72.10	72.10	0.63	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx

## 2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA

### PREMESSA

La presente relazione definisce i criteri di calcolo necessari alla progettazione della struttura di fondazione della locali SW Station e dei trasformatori.

Nella figura seguente si riporta il layout:

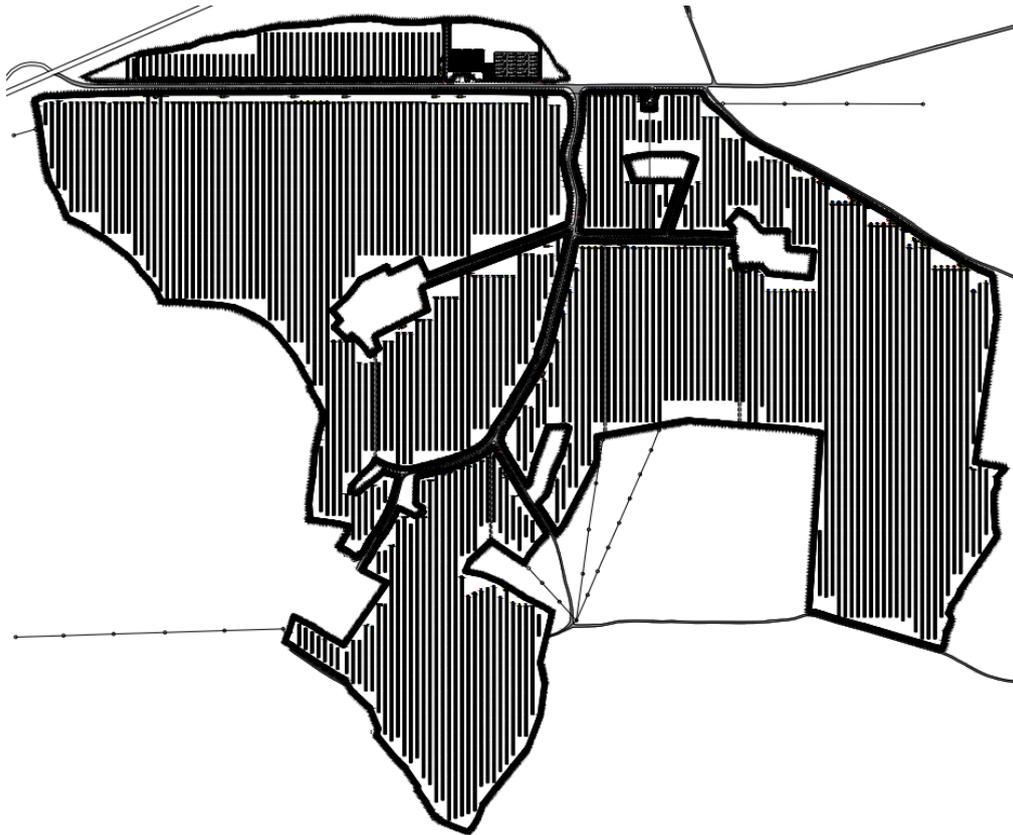


FIG. 10 - Layout d'impianto

### INTRODUZIONE

La fondazione in esame è costituita da platee di fondazioni di dimensioni pari a 17,5mx5.0m di spessore pari a 30cm per la SW Station, mentre il trasformatore poggia su una platea di fondazione di dimensioni pari a 3.0mx4.0m 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>		

(\*) 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 (duttilità) 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.

#### Normativa progettazione strutturale

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

### 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

### CARICHI CABINATI

Per poter effettuare il dimensionamento della fondazione della SW Station e dei trasformatori, si è reso necessario valutare le azioni gravanti sulla sovrastruttura.

### Peso Proprio Struttura (G1)

Il peso proprio della struttura del traformatore, è stato ricavato dal datasheet di seguito riportato.

Per ciò che riguarda la SW station, questa sarà realizzata in cemento armato vibrato, il cui peso è stato stimato come di seguito:

$$Peso_{SW\ station} = [(16.45m \cdot 0.2m \cdot 4.0m) + (3.1m \cdot 0.2m \cdot 4.0m)] * 2 * 25 \frac{kN}{m^3} = 782\ kN \approx 80ton$$

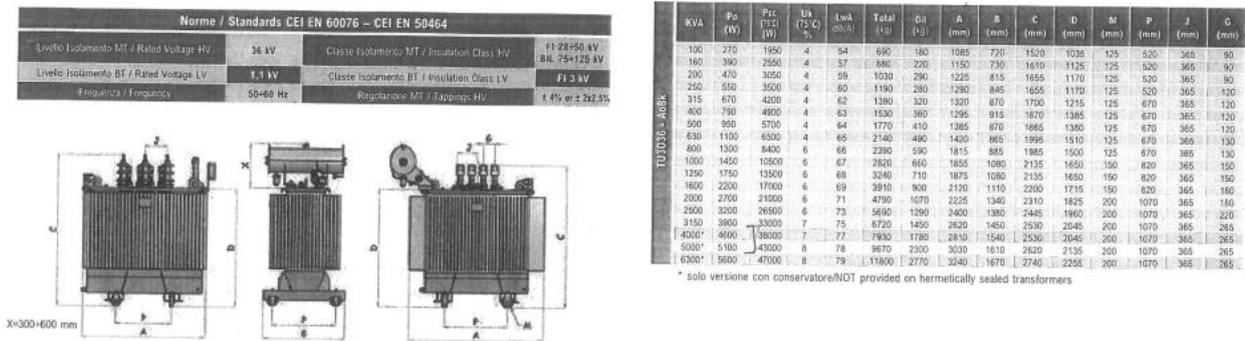


FIG. 11 – Datasheet Trasformatore

### Carichi permanenti non strutturali (G2)

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

- Pannelli  $g_p = 0.20\ kN/m^2$

### 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:  $Q = 0.50\ kN/m^2$

### Carico della neve (N)

Il carico neve dovrà essere conforme al D.M. 17/01/18:

$$q_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot CE \cdot Ct$$

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

Zona di carico della neve III

$$q_{sk} = 0.7\ kN/m^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare  $as=288m > 200m$

$$q_s = 0.51 * [1 + (as/481)^2] \approx 0.70\ kN/m^2$$

### Carico del vento (Wx+/Wx-/Wy+/Wy-)

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: Noragugume (Nuoro);  
 Regione: Sardegna  
 Zona: 6 (vb,0 = 28 m/s, a0 = 500 m, ks=0.36).  
 $V_b = v_{b,0} \cdot C_a$

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:  $a_s = 288$  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  $v_r = v_b \cdot C_r = 28.0$  m/s (  $T_r = 50$  anni  $\Rightarrow C_r = 1$ )

Pressione cinetica di riferimento  $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 490$  N/m<sup>2</sup>

Coefficiente di esposizione:  
 $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)]$  if  $z \geq z_{min}$   
 $c_e(z) = c_e(z_{min})$  if  $z < z_{min}$

$c_t = 1$  coefficiente di topografia

**Coefficiente di esposizione minimo  $C_{e,min} = 1.80$   $Z \leq 4m$**

$c_e = 1.80$  (per  $z \leq 4$  m)  $q = q_b \cdot c_e = 490 \cdot 1.80 = 890$  N/m<sup>2</sup> = 0.89 kN/m<sup>2</sup>

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

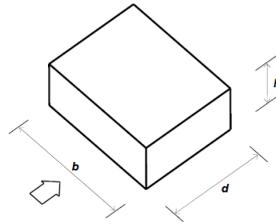


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

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

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

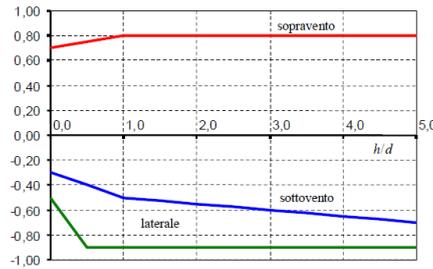


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare:  $c_{pe}$  per facce sopravvento, sottovento e laterali.

### 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 Noragugume (NU) è classificato a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 4.

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<sub>R</sub>” che, associato alla “probabilità di superamento nel periodo di riferimento” P<sub>VR</sub>, determina il periodo di ritorno T<sub>R</sub> del sisma. Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

$$T_R = V_R \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

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

La vita di riferimento dell’opera si calcola dal prodotto tra la vita nominale V<sub>N</sub>, 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<sub>U</sub> che traduce la destinazione d’uso dell’opera quantificandone l’importanza/pericolosità.

Tuttavia, trattandosi di zona sismica “4”, si attesta che le azioni sismiche sono minoranti rispetto alle altre azioni gravanti sulla struttura di fondazione.

Reazioni Vincolari SW Station

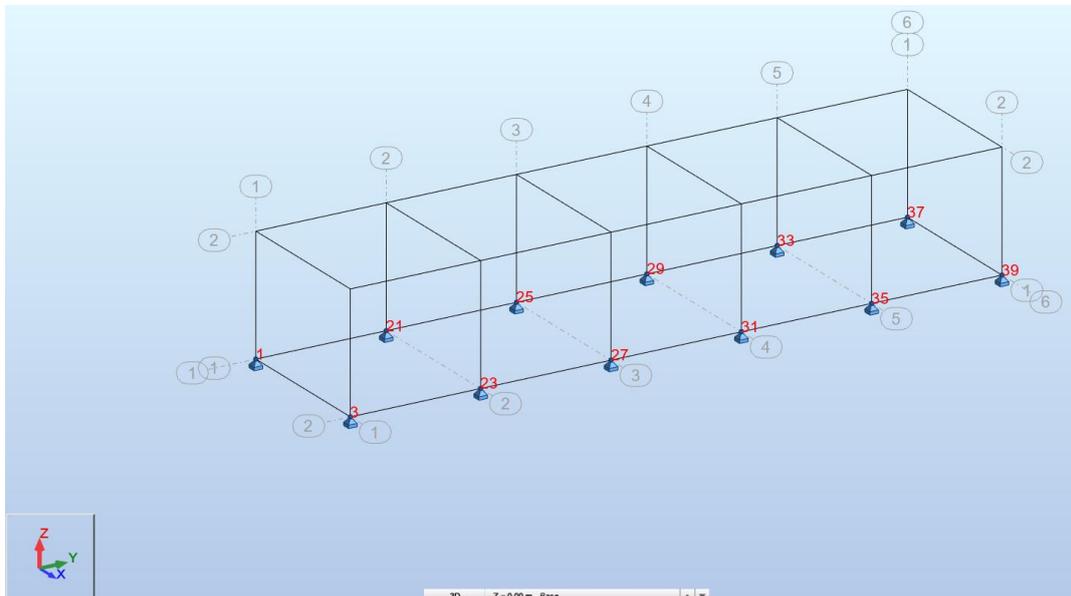


Fig. 12 – Nodi Container

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
37	0,0	16,45	0,0	Cerniera
35	4,00	13,16	0,0	Cerniera
33	0,0	13,16	0,0	Cerniera
31	4,00	9,87	0,0	Cerniera
27	4,00	6,58	0,0	Cerniera
1	0,0	0,0	0,0	Cerniera
39	4,00	16,45	0,0	Cerniera
29	0,0	9,87	0,0	Cerniera
3	4,00	0,0	0,0	Cerniera
25	0,0	6,58	0,0	Cerniera
23	4,00	3,29	0,0	Cerniera
21	0,0	3,29	0,0	Cerniera

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1	0,26	0,11	4,76
1/ 2	0,07	0,02	1,19
1/ 3	0,28	0,09	4,76
1/ 4	0,65	0,21	3,24
1/ 5	-5,50	-0,72	-6,54
1/ 6	4,32	0,34	0,71
1/ 7	-1,06	-3,25	-4,37
1/ 8	-0,12	2,87	-1,46
1/ 9	0,40	1,79	2,84
3/ 1	-0,26	0,11	4,76
3/ 2	-0,07	0,02	1,19
3/ 3	-0,28	0,09	4,76
3/ 4	-0,65	0,21	3,24

3/ 5	-4,32	0,34	0,71
3/ 6	5,50	-0,72	-6,54
3/ 7	1,06	-3,25	-4,37
3/ 8	0,12	2,87	-1,46
3/ 9	-0,40	1,79	2,84
21/ 1	0,33	-0,02	9,55
21/ 2	0,10	-0,00	3,07
21/ 3	0,39	-0,01	12,30
21/ 4	1,39	-0,04	6,95
21/ 5	-11,09	0,23	-13,88
21/ 6	8,60	-0,16	1,36
21/ 7	-1,20	-1,62	-5,76
21/ 8	-1,30	1,69	-6,75
21/ 9	0,46	1,51	-1,56
23/ 1	-0,33	-0,02	9,55
23/ 2	-0,10	-0,00	3,07
23/ 3	-0,39	-0,01	12,30
23/ 4	-1,39	-0,04	6,95
23/ 5	-8,60	-0,16	1,36
23/ 6	11,09	0,23	-13,88
23/ 7	1,20	-1,62	-5,76
23/ 8	1,30	1,69	-6,75
23/ 9	-0,46	1,51	-1,56
25/ 1	0,32	0,00	8,91
25/ 2	0,09	0,00	2,81
25/ 3	0,37	0,00	11,24
25/ 4	1,39	0,01	6,76
25/ 5	-11,16	0,01	-13,71
25/ 6	8,66	-0,02	1,53
25/ 7	-1,25	-1,29	-6,19
25/ 8	-1,25	1,27	-5,98
25/ 9	0,47	0,46	-0,44
27/ 1	-0,32	0,00	8,91
27/ 2	-0,09	0,00	2,81
27/ 3	-0,37	0,00	11,24
27/ 4	-1,39	0,01	6,76
27/ 5	-8,66	-0,02	1,53
27/ 6	11,16	0,01	-13,71
27/ 7	1,25	-1,29	-6,19
27/ 8	1,25	1,27	-5,98
27/ 9	-0,47	0,46	-0,44
29/ 1	0,32	-0,00	8,91
29/ 2	0,09	-0,00	2,81
29/ 3	0,37	-0,00	11,24
29/ 4	1,39	-0,01	6,76
29/ 5	-11,16	-0,01	-13,71
29/ 6	8,66	0,02	1,53
29/ 7	-1,25	-1,27	-5,98
29/ 8	-1,25	1,29	-6,19
29/ 9	0,47	-0,46	-0,44
31/ 1	-0,32	-0,00	8,91
31/ 2	-0,09	-0,00	2,81
31/ 3	-0,37	-0,00	11,24

31/ 4	-1,39	-0,01	6,76
31/ 5	-8,66	0,02	1,53
31/ 6	11,16	-0,01	-13,71
31/ 7	1,25	-1,27	-5,98
31/ 8	1,25	1,29	-6,19
31/ 9	-0,47	-0,46	-0,44
33/ 1	0,33	0,02	9,55
33/ 2	0,10	0,00	3,07
33/ 3	0,39	0,01	12,30
33/ 4	1,39	0,04	6,95
33/ 5	-11,09	-0,23	-13,88
33/ 6	8,60	0,16	1,36
33/ 7	-1,30	-1,69	-6,75
33/ 8	-1,20	1,62	-5,76
33/ 9	0,46	-1,51	-1,56
35/ 1	-0,33	0,02	9,55
35/ 2	-0,10	0,00	3,07
35/ 3	-0,39	0,01	12,30
35/ 4	-1,39	0,04	6,95
35/ 5	-8,60	0,16	1,36
35/ 6	11,09	-0,23	-13,88
35/ 7	1,30	-1,69	-6,75
35/ 8	1,20	1,62	-5,76
35/ 9	-0,46	-1,51	-1,56
37/ 1	0,26	-0,11	4,76
37/ 2	0,07	-0,02	1,19
37/ 3	0,28	-0,09	4,76
37/ 4	0,65	-0,21	3,24
37/ 5	-5,50	0,72	-6,54
37/ 6	4,32	-0,34	0,71
37/ 7	-0,12	-2,87	-1,46
37/ 8	-1,06	3,25	-4,37
37/ 9	0,40	-1,79	2,84
39/ 1	-0,26	-0,11	4,76
39/ 2	-0,07	-0,02	1,19
39/ 3	-0,28	-0,09	4,76
39/ 4	-0,65	-0,21	3,24
39/ 5	-4,32	-0,34	0,71
39/ 6	5,50	0,72	-6,54
39/ 7	0,12	-2,87	-1,46
39/ 8	1,06	3,25	-4,37
39/ 9	-0,40	-1,79	2,84

### Reazioni Vincolari Trasformatori

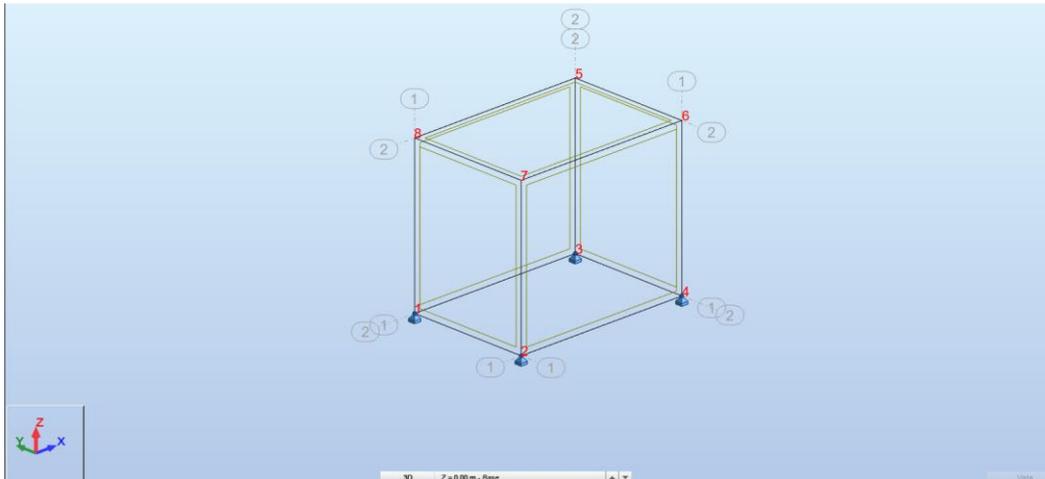


Fig. 13 – Nodi box trasformatore

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1	0,0	2,40	0,0	Cerniera
2	0,0	0,0	0,0	Cerniera
3	3,50	2,40	0,0	Cerniera
4	3,50	0,0	0,0	Cerniera
5	3,50	2,40	3,00	
6	3,50	0,0	3,00	
7	0,0	0,0	3,00	
8	0,0	2,40	3,00	

Nodo/Condizione	Fx(kN)	Fy (kN)	Fz (kN)
1/ 1/	0,05	-0,01	1,44
1/ 2/	0,10	-0,02	1,05
1/ 3/	0,10	-0,02	1,05
1/ 4/	0,15	-0,03	1,47
1/ 5/	-3,81	0,04	-5,35
1/ 6/	3,39	0,04	1,15
1/ 7/	-0,21	-5,21	5,26
1/ 8/	-0,21	5,29	-9,46
1/ 9/	0,05	-0,02	-0,00
1/ 11/ CQC	0,10	0,00	0,18
1/ 12/ CQC	0,22	0,00	0,38
1/ 13/ CQC	0,00	0,12	0,30
1/ 14/ CQC	0,00	0,27	0,68
2/ 1/	0,05	0,01	1,44
2/ 2/	0,10	0,02	1,05
2/ 3/	0,10	0,02	1,05
2/ 4/	0,15	0,03	1,47
2/ 5/	-3,81	-0,04	-5,35
2/ 6/	3,39	-0,04	1,15
2/ 7/	-0,21	-5,29	-9,46
2/ 8/	-0,21	5,21	5,26
2/ 9/	0,05	0,02	0,0
2/ 11/ CQC	0,10	0,00	0,18
2/ 12/ CQC	0,22	0,00	0,38
2/ 13/ CQC	0,00	0,12	0,30

2/ 14/ CQC	0,00	0,27	0,68
3/ 1/	-0,05	-0,01	1,44
3/ 2/	-0,10	-0,02	1,05
3/ 3/	-0,10	-0,02	1,05
3/ 4/	-0,15	-0,03	1,47
3/ 5/	-3,39	0,04	1,15
3/ 6/	3,81	0,04	-5,35
3/ 7/	0,21	-5,21	5,26
3/ 8/	0,21	5,29	-9,46
3/ 9/	-0,05	-0,02	-0,00
3/ 11/ CQC	0,10	0,00	0,18
3/ 12/ CQC	0,22	0,00	0,38
3/ 13/ CQC	0,00	0,12	0,30
3/ 14/ CQC	0,00	0,27	0,68
4/ 1/	-0,05	0,01	1,44
4/ 2/	-0,10	0,02	1,05
4/ 3/	-0,10	0,02	1,05
4/ 4/	-0,15	0,03	1,47
4/ 5/	-3,39	-0,04	1,15
4/ 6/	3,81	-0,04	-5,35
4/ 7/	0,21	-5,29	-9,46
4/ 8/	0,21	5,21	5,26
4/ 9/	-0,05	0,02	0,0
4/ 11/ CQC	0,10	0,00	0,18
4/ 12/ CQC	0,22	0,00	0,38
4/ 13/ CQC	0,00	0,12	0,30
4/ 14/ CQC	0,00	0,27	0,68

### COMBINAZIONI DI CARICO

Tutte le combinazioni di carico dovranno essere in accordo alle normative vigenti, in particolare all'NTC2018 e C.M. n°7 del 21/01/2019.

#### Combinazioni di carico per Fondazioni

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 $\gamma_E$ )	Coefficiente Parziale		
			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 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.

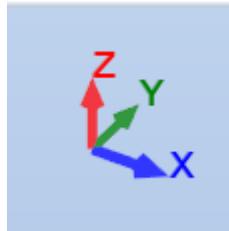


FIG. 14 – Sistema di riferimento globale modello 3d

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

Unità di misura utilizzate : kN, kNm

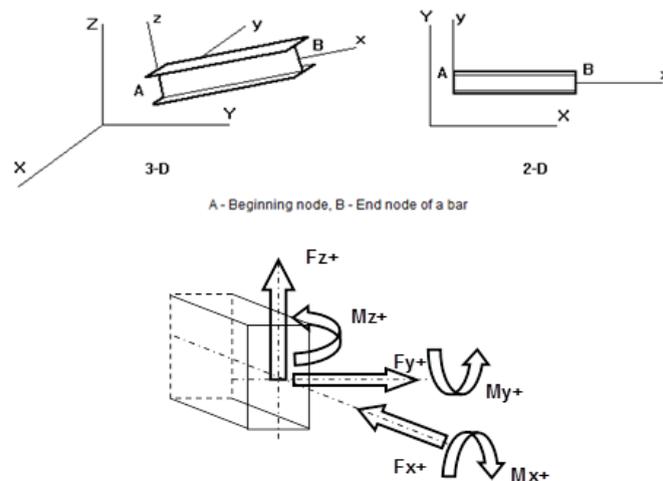


FIG. 15 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

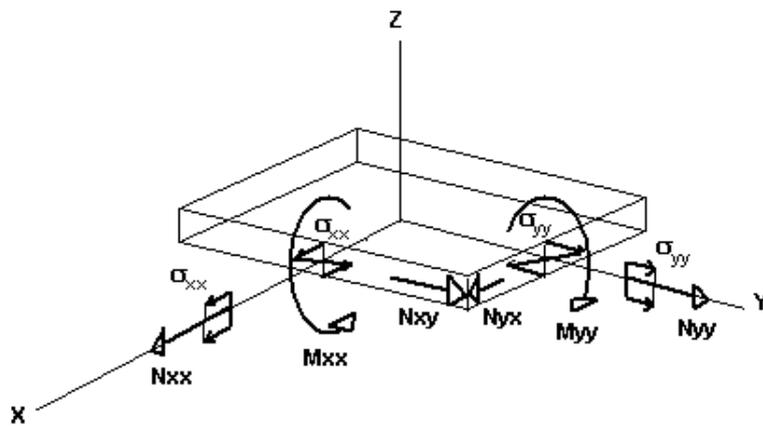


FIG. 16 – Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

**MODELLO DI CALCOLO SW STATION**

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/m3 e orizzontale pari a 1000 kN/m3, 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:

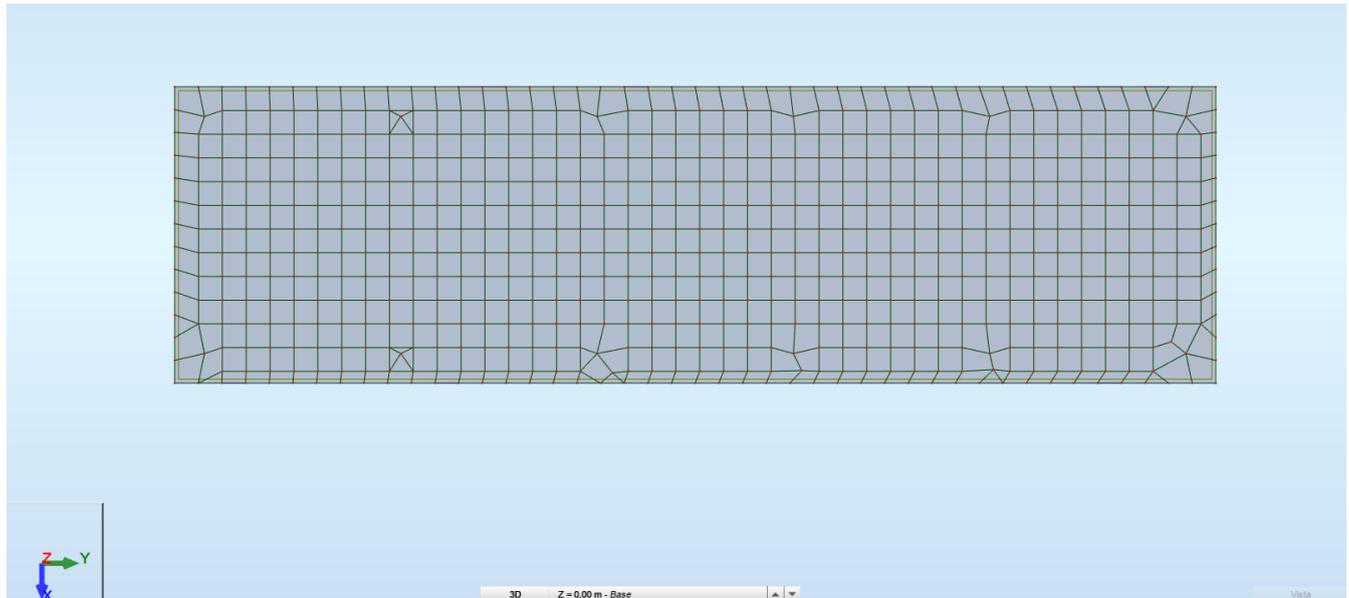


FIG. 17 – Planimetria modello di calcolo

**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 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	0,30
2	-0,10	0,30	0,0
3	4,00	0,0	0,30
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
215	1,50	9,50	0,0
216	1,50	9,90	0,0
217	1,50	10,30	0,0
218	1,50	10,70	0,0
219	1,50	11,10	0,0
220	1,50	11,50	0,0
221	1,50	11,90	0,0
222	1,50	12,30	0,0
223	1,50	12,70	0,0
224	1,50	13,10	0,0
225	1,50	13,50	0,0
226	1,50	13,90	0,0
227	1,50	14,30	0,0
228	1,50	14,70	0,0
229	1,50	15,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
428	3,50	8,70	0,0
429	3,50	9,10	0,0
430	3,50	9,50	0,0
431	3,50	9,90	0,0
432	3,50	10,30	0,0
433	3,50	10,70	0,0
434	3,50	11,10	0,0
435	3,50	11,50	0,0
436	3,50	11,90	0,0
437	3,50	12,30	0,0
438	3,50	12,70	0,0
439	3,50	13,10	0,0
440	3,50	13,50	0,0
441	3,50	13,90	0,0
442	3,50	14,30	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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	0,30
22	0,30	3,90	0,0
23	4,00	3,29	0,30
24	-0,10	3,90	0,0
25	0,0	6,58	0,30
26	0,30	4,30	0,0
27	4,00	6,58	0,30
28	-0,10	4,30	0,0
29	0,0	9,87	0,30
30	0,30	4,70	0,0
31	4,00	9,87	0,30
32	-0,10	4,70	0,0
33	0,0	13,16	0,30
34	0,30	5,10	0,0
35	4,00	13,16	0,30
36	-0,10	5,10	0,0
37	0,0	16,45	0,30
38	0,30	5,50	0,0
39	4,00	16,45	0,30
40	0,0	0,0	0,0
41	4,00	0,0	0,0
42	0,0	3,29	0,0
43	4,00	3,29	0,0
44	0,0	6,58	0,0
45	4,00	6,58	0,0
46	0,0	9,87	0,0
47	4,00	9,87	0,0
48	0,0	13,16	0,0
49	4,00	13,16	0,0
50	0,0	16,45	0,0
51	4,00	16,45	0,0
52	-0,10	5,50	0,0
53	0,30	5,90	0,0
54	-0,10	5,90	0,0
55	0,30	6,30	0,0
56	-0,10	6,30	0,0
57	-0,10	7,10	0,0
58	0,30	7,10	0,0
59	0,30	7,50	0,0
60	-0,10	7,50	0,0
61	0,30	7,90	0,0
62	-0,10	7,90	0,0
63	0,30	8,30	0,0
64	-0,10	8,30	0,0
65	0,30	8,70	0,0
66	-0,10	8,70	0,0
67	0,30	9,10	0,0
68	-0,10	9,10	0,0
69	0,30	9,50	0,0
70	-0,10	9,50	0,0
71	-0,10	10,30	0,0
72	0,30	10,30	0,0
73	0,30	10,70	0,0
74	-0,10	10,70	0,0
75	0,30	11,10	0,0
76	-0,10	11,10	0,0
77	0,30	11,50	0,0
78	-0,10	11,50	0,0
79	0,30	11,90	0,0
80	-0,10	11,90	0,0
81	0,30	12,30	0,0
82	-0,10	12,30	0,0
83	0,30	12,70	0,0
84	-0,10	12,70	0,0
85	-0,10	13,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
230	1,50	15,50	0,0
231	1,50	15,90	0,0
232	1,50	16,30	0,0
233	1,50	16,70	0,0
234	1,90	-0,10	0,0
235	1,90	0,30	0,0
236	1,90	0,70	0,0
237	1,90	1,10	0,0
238	1,90	1,50	0,0
239	1,90	1,90	0,0
240	1,90	2,30	0,0
241	1,90	2,70	0,0
242	1,90	3,10	0,0
243	1,90	3,50	0,0
244	1,90	3,90	0,0
245	1,90	4,30	0,0
246	1,90	4,70	0,0
247	1,90	5,10	0,0
248	1,90	5,50	0,0
249	1,90	5,90	0,0
250	1,90	6,30	0,0
251	1,90	6,70	0,0
252	1,90	7,10	0,0
253	1,90	7,50	0,0
254	1,90	7,90	0,0
255	1,90	8,30	0,0
256	1,90	8,70	0,0
257	1,90	9,10	0,0
258	1,90	9,50	0,0
259	1,90	9,90	0,0
260	1,90	10,30	0,0
261	1,90	10,70	0,0
262	1,90	11,10	0,0
263	1,90	11,50	0,0
264	1,90	11,90	0,0
265	1,90	12,30	0,0
266	1,90	12,70	0,0
267	1,90	13,10	0,0
268	1,90	13,50	0,0
269	1,90	13,90	0,0
270	1,90	14,30	0,0
271	1,90	14,70	0,0
272	1,90	15,10	0,0
273	1,90	15,50	0,0
274	1,90	15,90	0,0
275	1,90	16,30	0,0
276	1,90	16,70	0,0
277	2,30	-0,10	0,0
278	2,30	0,30	0,0
279	2,30	0,70	0,0
280	2,30	1,10	0,0
281	2,30	1,50	0,0
282	2,30	1,90	0,0
283	2,30	2,30	0,0
284	2,30	2,70	0,0
285	2,30	3,10	0,0
286	2,30	3,50	0,0
287	2,30	3,90	0,0
288	2,30	4,30	0,0
289	2,30	4,70	0,0
290	2,30	5,10	0,0
291	2,30	5,50	0,0
292	2,30	5,90	0,0
293	2,30	6,30	0,0
294	2,30	6,70	0,0
295	2,30	7,10	0,0
296	2,30	7,50	0,0
297	2,30	7,90	0,0
298	2,30	8,30	0,0
299	2,30	8,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
443	3,50	14,70	0,0
444	3,50	15,10	0,0
445	3,50	15,50	0,0
446	3,50	15,90	0,0
447	3,50	16,30	0,0
448	3,50	16,70	0,0
449	3,90	0,30	0,0
450	3,90	0,70	0,0
451	3,90	1,10	0,0
452	3,90	1,50	0,0
453	3,90	1,90	0,0
454	3,90	2,30	0,0
455	3,90	2,70	0,0
456	3,90	3,10	0,0
457	3,90	3,50	0,0
458	3,90	3,90	0,0
459	3,90	4,30	0,0
460	3,90	4,70	0,0
461	3,90	5,10	0,0
462	3,90	5,50	0,0
463	3,90	5,90	0,0
464	3,90	6,30	0,0
465	3,90	7,10	0,0
466	3,90	7,50	0,0
467	3,90	7,90	0,0
468	3,90	8,30	0,0
469	3,90	8,70	0,0
470	3,90	9,10	0,0
471	3,90	9,50	0,0
472	3,90	10,30	0,0
473	3,90	10,70	0,0
474	3,90	11,10	0,0
475	3,90	11,50	0,0
476	3,90	11,90	0,0
477	3,90	12,30	0,0
478	3,90	12,70	0,0
479	3,90	13,50	0,0
480	3,90	13,90	0,0
481	3,90	14,30	0,0
482	3,90	14,70	0,0
483	3,90	15,10	0,0
484	3,90	15,50	0,0
485	3,90	15,90	0,0
486	4,30	0,30	0,0
487	4,30	0,70	0,0
488	4,30	1,10	0,0
489	4,30	1,50	0,0
490	4,30	1,90	0,0
491	4,30	2,30	0,0
492	4,30	2,70	0,0
493	4,30	3,10	0,0
494	4,30	3,50	0,0
495	4,30	3,90	0,0
496	4,30	4,30	0,0
497	4,30	4,70	0,0
498	4,30	5,10	0,0
499	4,30	5,50	0,0
500	4,30	5,90	0,0
501	4,30	6,30	0,0
502	4,30	7,10	0,0
503	4,30	7,50	0,0
504	4,30	7,90	0,0
505	4,30	8,30	0,0
506	4,30	8,70	0,0
507	4,30	9,10	0,0
508	4,30	9,50	0,0
509	4,30	10,30	0,0
510	4,30	10,70	0,0
511	4,30	11,10	0,0
512	4,30	11,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
86	0,30	13,50	0,0
87	0,30	13,90	0,0
88	-0,10	13,90	0,0
89	0,30	14,30	0,0
90	-0,10	14,30	0,0
91	0,30	14,70	0,0
92	-0,10	14,70	0,0
93	0,30	15,10	0,0
94	-0,10	15,10	0,0
95	0,30	15,50	0,0
96	-0,10	15,50	0,0
97	0,30	15,90	0,0
98	-0,10	15,90	0,0
99	0,30	-0,10	0,0
100	0,70	-0,10	0,0
101	0,70	0,30	0,0
102	0,70	0,70	0,0
103	0,70	1,10	0,0
104	0,70	1,50	0,0
105	0,70	1,90	0,0
106	0,70	2,30	0,0
107	0,70	2,70	0,0
108	0,70	3,10	0,0
109	0,70	3,50	0,0
110	0,70	3,90	0,0
111	0,70	4,30	0,0
112	0,70	4,70	0,0
113	0,70	5,10	0,0
114	0,70	5,50	0,0
115	0,70	5,90	0,0
116	0,70	6,30	0,0
117	0,70	6,70	0,0
118	0,30	6,70	0,0
119	0,70	7,10	0,0
120	0,70	7,50	0,0
121	0,70	7,90	0,0
122	0,70	8,30	0,0
123	0,70	8,70	0,0
124	0,70	9,10	0,0
125	0,70	9,50	0,0
126	0,70	9,90	0,0
127	0,30	9,90	0,0
128	0,70	10,30	0,0
129	0,70	10,70	0,0
130	0,70	11,10	0,0
131	0,70	11,50	0,0
132	0,70	11,90	0,0
133	0,70	12,30	0,0
134	0,70	12,70	0,0
135	0,70	13,10	0,0
136	0,30	13,10	0,0
137	0,70	13,50	0,0
138	0,70	13,90	0,0
139	0,70	14,30	0,0
140	0,70	14,70	0,0
141	0,70	15,10	0,0
142	0,70	15,50	0,0
143	0,70	15,90	0,0
144	0,70	16,30	0,0
145	0,30	16,30	0,0
146	0,70	16,70	0,0
147	0,30	16,70	0,0
148	1,10	-0,10	0,0
149	1,10	0,30	0,0
150	1,10	0,70	0,0
151	1,10	1,10	0,0
152	1,10	1,50	0,0
153	1,10	1,90	0,0
154	1,10	2,30	0,0
155	1,10	2,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
300	2,30	9,10	0,0
301	2,30	9,50	0,0
302	2,30	9,90	0,0
303	2,30	10,30	0,0
304	2,30	10,70	0,0
305	2,30	11,10	0,0
306	2,30	11,50	0,0
307	2,30	11,90	0,0
308	2,30	12,30	0,0
309	2,30	12,70	0,0
310	2,30	13,10	0,0
311	2,30	13,50	0,0
312	2,30	13,90	0,0
313	2,30	14,30	0,0
314	2,30	14,70	0,0
315	2,30	15,10	0,0
316	2,30	15,50	0,0
317	2,30	15,90	0,0
318	2,30	16,30	0,0
319	2,30	16,70	0,0
320	2,70	-0,10	0,0
321	2,70	0,30	0,0
322	2,70	0,70	0,0
323	2,70	1,10	0,0
324	2,70	1,50	0,0
325	2,70	1,90	0,0
326	2,70	2,30	0,0
327	2,70	2,70	0,0
328	2,70	3,10	0,0
329	2,70	3,50	0,0
330	2,70	3,90	0,0
331	2,70	4,30	0,0
332	2,70	4,70	0,0
333	2,70	5,10	0,0
334	2,70	5,50	0,0
335	2,70	5,90	0,0
336	2,70	6,30	0,0
337	2,70	6,70	0,0
338	2,70	7,10	0,0
339	2,70	7,50	0,0
340	2,70	7,90	0,0
341	2,70	8,30	0,0
342	2,70	8,70	0,0
343	2,70	9,10	0,0
344	2,70	9,50	0,0
345	2,70	9,90	0,0
346	2,70	10,30	0,0
347	2,70	10,70	0,0
348	2,70	11,10	0,0
349	2,70	11,50	0,0
350	2,70	11,90	0,0
351	2,70	12,30	0,0
352	2,70	12,70	0,0
353	2,70	13,10	0,0
354	2,70	13,50	0,0
355	2,70	13,90	0,0
356	2,70	14,30	0,0
357	2,70	14,70	0,0
358	2,70	15,10	0,0
359	2,70	15,50	0,0
360	2,70	15,90	0,0
361	2,70	16,30	0,0
362	2,70	16,70	0,0
363	3,10	-0,10	0,0
364	3,10	0,30	0,0
365	3,10	0,70	0,0
366	3,10	1,10	0,0
367	3,10	1,50	0,0
368	3,10	1,90	0,0
369	3,10	2,30	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
513	4,30	11,90	0,0
514	4,30	12,30	0,0
515	4,30	12,70	0,0
516	4,30	13,50	0,0
517	4,30	13,90	0,0
518	4,30	14,30	0,0
519	4,30	14,70	0,0
520	4,30	15,10	0,0
521	4,30	15,50	0,0
522	4,30	15,90	0,0
523	-0,50	-0,10	0,0
524	-0,50	-0,50	0,0
525	-0,12	-0,50	0,0
526	-0,50	0,69	0,0
527	-0,50	0,29	0,0
528	-0,50	1,48	0,0
529	-0,50	1,09	0,0
530	-0,50	2,28	0,0
531	-0,50	1,88	0,0
533	-0,50	2,67	0,0
534	-0,50	3,47	0,0
535	-0,50	3,07	0,0
536	-0,50	4,26	0,0
537	-0,50	3,86	0,0
538	-0,50	5,05	0,0
539	-0,50	4,66	0,0
540	-0,50	5,85	0,0
541	-0,50	5,45	0,0
542	-0,50	6,64	0,0
543	-0,50	6,24	0,0
544	-0,50	7,04	0,0
545	-0,50	7,43	0,0
546	-0,50	8,22	0,0
547	-0,50	7,83	0,0
548	0,27	-0,50	0,0
549	0,65	-0,50	0,0
550	1,04	-0,50	0,0
552	1,42	-0,50	0,0
553	1,81	-0,50	0,0
554	2,19	-0,50	0,0
555	2,58	-0,50	0,0
557	-0,50	9,02	0,0
558	-0,50	8,62	0,0
559	-0,50	9,81	0,0
560	-0,50	9,41	0,0
561	-0,50	10,60	0,0
562	-0,50	10,21	0,0
563	-0,50	11,40	0,0
564	-0,50	11,00	0,0
566	-0,50	11,79	0,0
567	-0,50	12,19	0,0
568	-0,50	12,98	0,0
569	-0,50	12,59	0,0
570	-0,50	13,78	0,0
571	-0,50	13,38	0,0
572	-0,50	14,57	0,0
573	-0,50	14,17	0,0
575	-0,50	15,36	0,0
576	-0,50	15,76	0,0
577	-0,50	14,97	0,0
578	-0,50	16,16	0,0
579	-0,12	16,95	0,0
580	-0,50	16,55	0,0
582	-0,50	16,95	0,0
583	4,29	10,01	0,0
584	0,27	16,95	0,0
585	0,65	16,95	0,0
586	1,04	16,95	0,0
587	4,33	6,84	0,0
588	3,80	16,20	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
156	1,10	3,10	0,0
157	1,10	3,50	0,0
158	1,10	3,90	0,0
159	1,10	4,30	0,0
160	1,10	4,70	0,0
161	1,10	5,10	0,0
162	1,10	5,50	0,0
163	1,10	5,90	0,0
164	1,10	6,30	0,0
165	1,10	6,70	0,0
166	1,10	7,10	0,0
167	1,10	7,50	0,0
168	1,10	7,90	0,0
169	1,10	8,30	0,0
170	1,10	8,70	0,0
171	1,10	9,10	0,0
172	1,10	9,50	0,0
173	1,10	9,90	0,0
174	1,10	10,30	0,0
175	1,10	10,70	0,0
176	1,10	11,10	0,0
177	1,10	11,50	0,0
178	1,10	11,90	0,0
179	1,10	12,30	0,0
180	1,10	12,70	0,0
181	1,10	13,10	0,0
182	1,10	13,50	0,0
183	1,10	13,90	0,0
184	1,10	14,30	0,0
185	1,10	14,70	0,0
186	1,10	15,10	0,0
187	1,10	15,50	0,0
188	1,10	15,90	0,0
189	1,10	16,30	0,0
190	1,10	16,70	0,0
191	1,50	-0,10	0,0
192	1,50	0,30	0,0
193	1,50	0,70	0,0
194	1,50	1,10	0,0
195	1,50	1,50	0,0
196	1,50	1,90	0,0
197	1,50	2,30	0,0
198	1,50	2,70	0,0
199	1,50	3,10	0,0
200	1,50	3,50	0,0
201	1,50	3,90	0,0
202	1,50	4,30	0,0
203	1,50	4,70	0,0
204	1,50	5,10	0,0
205	1,50	5,50	0,0
206	1,50	5,90	0,0
207	1,50	6,30	0,0
208	1,50	6,70	0,0
209	1,50	7,10	0,0
210	1,50	7,50	0,0
211	1,50	7,90	0,0
212	1,50	8,30	0,0
213	1,50	8,70	0,0
214	1,50	9,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
370	3,10	2,70	0,0
371	3,10	3,10	0,0
372	3,10	3,50	0,0
373	3,10	3,90	0,0
374	3,10	4,30	0,0
375	3,10	4,70	0,0
376	3,10	5,10	0,0
377	3,10	5,50	0,0
378	3,10	5,90	0,0
379	3,10	6,30	0,0
380	3,10	6,70	0,0
381	3,10	7,10	0,0
382	3,10	7,50	0,0
383	3,10	7,90	0,0
384	3,10	8,30	0,0
385	3,10	8,70	0,0
386	3,10	9,10	0,0
387	3,10	9,50	0,0
388	3,10	9,90	0,0
389	3,10	10,30	0,0
390	3,10	10,70	0,0
391	3,10	11,10	0,0
392	3,10	11,50	0,0
393	3,10	11,90	0,0
394	3,10	12,30	0,0
395	3,10	12,70	0,0
396	3,10	13,10	0,0
397	3,10	13,50	0,0
398	3,10	13,90	0,0
399	3,10	14,30	0,0
400	3,10	14,70	0,0
401	3,10	15,10	0,0
402	3,10	15,50	0,0
403	3,10	15,90	0,0
404	3,10	16,30	0,0
405	3,10	16,70	0,0
406	3,50	-0,10	0,0
407	3,50	0,30	0,0
408	3,50	0,70	0,0
409	3,50	1,10	0,0
410	3,50	1,50	0,0
411	3,50	1,90	0,0
412	3,50	2,30	0,0
413	3,50	2,70	0,0
414	3,50	3,10	0,0
415	3,50	3,50	0,0
416	3,50	3,90	0,0
417	3,50	4,30	0,0
418	3,50	4,70	0,0
419	3,50	5,10	0,0
420	3,50	5,50	0,0
421	3,50	5,90	0,0
422	3,50	6,30	0,0
423	3,50	6,70	0,0
424	3,50	7,10	0,0
425	3,50	7,50	0,0
426	3,50	7,90	0,0
427	3,50	8,30	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
589	1,42	16,95	0,0
590	2,19	16,95	0,0
591	1,81	16,95	0,0
592	2,58	16,95	0,0
593	2,96	-0,50	0,0
594	3,35	-0,50	0,0
595	3,73	-0,50	0,0
597	4,50	-0,10	0,0
598	4,12	-0,50	0,0
599	4,50	1,09	0,0
600	4,50	1,88	0,0
601	4,50	1,48	0,0
602	4,50	0,69	0,0
605	4,50	3,07	0,0
606	4,50	2,67	0,0
607	4,50	3,86	0,0
608	4,50	3,47	0,0
609	4,50	2,28	0,0
610	4,50	0,29	0,0
611	4,50	4,66	0,0
612	4,50	-0,50	0,0
613	4,50	4,26	0,0
614	4,50	5,05	0,0
615	4,50	5,45	0,0
616	4,50	6,24	0,0
617	4,50	5,85	0,0
618	4,50	6,64	0,0
619	4,50	7,04	0,0
620	4,50	7,83	0,0
621	4,50	7,43	0,0
622	4,50	8,22	0,0
624	4,50	8,62	0,0
625	4,50	9,41	0,0
626	4,50	9,02	0,0
627	4,50	10,60	0,0
628	4,50	11,40	0,0
629	4,50	11,00	0,0
630	4,50	9,81	0,0
631	4,50	10,21	0,0
633	2,96	16,95	0,0
634	3,35	16,95	0,0
636	3,73	16,95	0,0
637	4,12	16,95	0,0
638	4,50	16,55	0,0
639	4,27	13,22	0,0
640	4,50	12,19	0,0
641	4,50	12,59	0,0
642	4,50	11,79	0,0
643	4,50	13,38	0,0
644	4,50	12,98	0,0
645	4,50	13,78	0,0
646	4,50	14,57	0,0
647	4,50	14,17	0,0
648	4,50	14,97	0,0
649	4,50	15,76	0,0
650	4,50	15,36	0,0
651	4,50	16,16	0,0
652	4,50	16,95	0,0

**Pannelli**

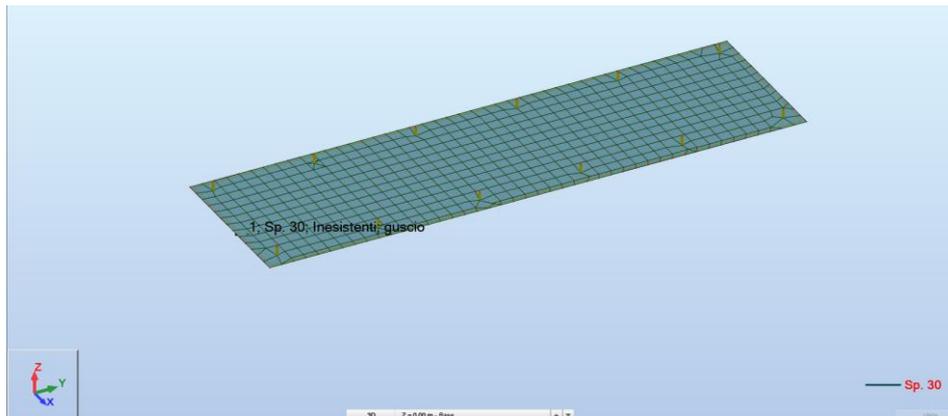


FIG. 18 – Numerazione Pannelli

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.

**Trasformatore**

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:

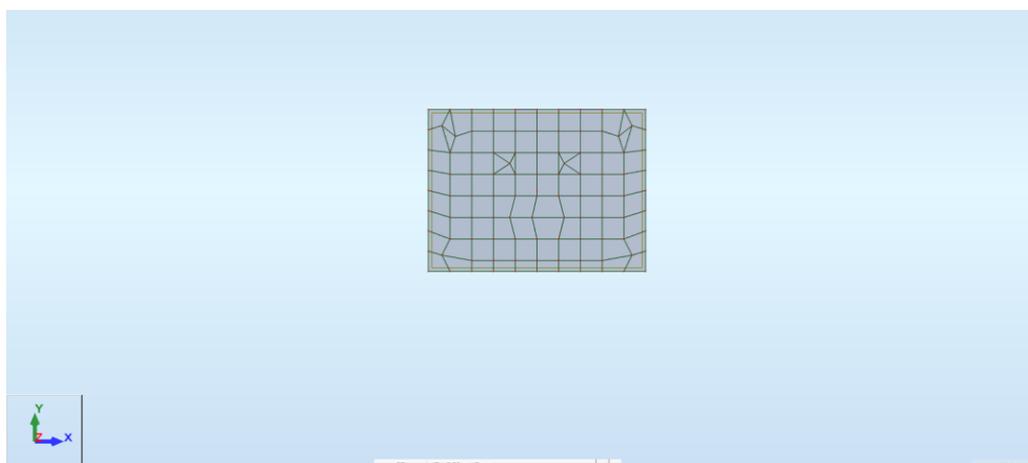


Fig. 19 – Planimetria modello di calcolo

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 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	2,40	0,30
2	0,0	0,0	0,30
3	3,50	2,40	0,30
4	3,50	0,0	0,30
5	0,0	2,40	0,0
6	0,0	0,0	0,0
7	3,50	2,40	0,0
8	3,50	0,0	0,0
9	0,55	2,30	0,0
10	0,55	1,90	0,0
11	2,25	1,70	0,0
12	2,25	0,70	0,0
13	1,25	1,70	0,0
14	1,25	0,70	0,0
15	1,75	1,20	1,25
16	0,95	1,90	0,0
17	0,95	2,30	0,0
18	1,35	1,90	0,0
19	1,35	2,30	0,0
20	1,75	1,90	0,0
21	1,75	2,30	0,0
22	2,15	1,90	0,0
23	2,15	2,30	0,0
24	2,55	1,90	0,0
25	2,55	2,30	0,0
26	2,95	1,90	0,0
27	2,95	2,30	0,0
28	0,15	1,90	0,0
29	0,15	1,50	0,0
30	0,55	1,50	0,0
31	0,95	1,50	0,0
32	2,55	1,50	0,0
33	2,95	1,50	0,0
34	3,35	1,50	0,0
35	3,35	1,90	0,0
36	0,15	1,10	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
37	0,55	1,10	0,0
38	0,95	1,10	0,0
39	1,35	1,10	0,0
40	1,35	1,50	0,0
41	1,75	1,10	0,0
42	1,75	1,50	0,0
43	2,15	1,10	0,0
44	2,15	1,50	0,0
45	2,55	1,10	0,0
46	2,95	1,10	0,0
47	3,35	1,10	0,0
48	0,15	0,70	0,0
49	0,55	0,70	0,0
50	0,95	0,70	0,0
51	2,55	0,70	0,0
52	2,95	0,70	0,0
53	3,35	0,70	0,0
54	0,15	0,30	0,0
55	0,55	0,30	0,0
56	0,95	0,30	0,0
57	2,55	0,30	0,0
58	2,95	0,30	0,0
59	3,35	0,30	0,0
60	0,55	-0,10	0,0
61	0,95	-0,10	0,0
62	1,35	-0,10	0,0
63	1,35	0,30	0,0
64	1,75	-0,10	0,0
65	1,75	0,30	0,0
66	2,15	-0,10	0,0
67	2,15	0,30	0,0
68	2,55	-0,10	0,0
69	2,95	-0,10	0,0
70	0,15	2,70	0,0
71	-0,25	2,70	0,0
73	0,55	2,70	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
74	-0,25	2,33	0,0
75	0,25	2,20	0,0
76	1,35	2,70	0,0
77	0,95	2,70	0,0
78	1,75	2,70	0,0
79	-0,25	1,95	0,0
80	-0,25	1,57	0,0
81	-0,25	1,20	0,0
82	-0,25	0,83	0,0
84	2,55	2,70	0,0
85	2,15	2,70	0,0
86	2,95	2,70	0,0
87	3,35	2,70	0,0
89	3,75	2,70	0,0
90	3,25	2,20	0,0
91	3,75	2,33	0,0
92	3,75	1,95	0,0
94	3,75	1,57	0,0
95	3,75	1,20	0,0
96	-0,25	0,45	0,0
97	-0,25	0,07	0,0
99	1,66	0,70	0,0
101	-0,25	-0,30	0,0
102	0,15	-0,30	0,0
103	0,55	-0,30	0,0
104	0,95	-0,30	0,0
105	1,35	-0,30	0,0
106	1,75	-0,30	0,0
108	3,75	0,83	0,0
109	3,75	0,45	0,0
110	3,75	0,07	0,0
111	2,15	-0,30	0,0
112	2,55	-0,30	0,0
113	2,95	-0,30	0,0
115	3,35	-0,30	0,0
116	3,75	-0,30	0,0

**Pannelli**

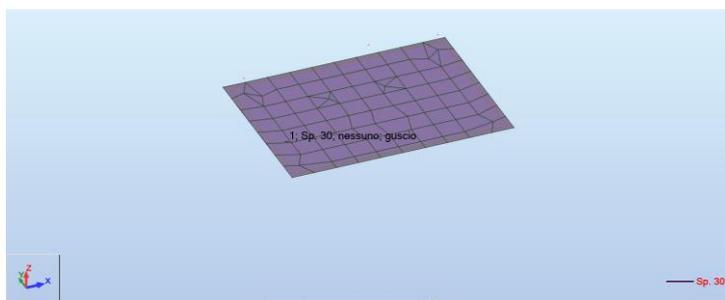


FIG. 20 – Numerazione Pannelli

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.

## 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

#### Tabella dei Carichi – SW Station – 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	peso proprio	1	' PZ Negativo Coeff.=1,00
1	G1	forza nodale	1	' FX=-0,26(kN) FY=-0,11(kN) FZ=-4,76(kN)
2	G2	forza nodale	1	' FX=-0,07(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,19(kN)
3	Q	forza nodale	1	' FX=-0,28(kN) FY=-0,09(kN) FZ=-4,76(kN)
4	N	forza nodale	1	' FX=-0,65(kN) FY=-0,21(kN) FZ=-3,24(kN)
5	Vx+	forza nodale	1	' FX=5,50(kN) FY=0,72(kN) FZ=6,54(kN)
6	Vx-	forza nodale	1	' FX=-4,32(kN) FY=-0,34(kN) FZ=-0,71(kN)
7	Vy	forza nodale	1	' FX=1,06(kN) FY=3,25(kN) FZ=4,37(kN)
8	Vy-	forza nodale	1	' FX=0,12(kN) FY=-2,87(kN) FZ=1,46(kN)
9	T	forza nodale	1	' FX=-0,40(kN) FY=-1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
1	G1	forza nodale	3	' FX=0,26(kN) FY=-0,11(kN) FZ=-4,76(kN)
2	G2	forza nodale	3	' FX=0,07(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,19(kN)
3	Q	forza nodale	3	' FX=0,28(kN) FY=-0,09(kN) FZ=-4,76(kN)

4	N	forza nodale	3	' FX=0,65(kN) FY=-0,21(kN) FZ=-3,24(kN)
5	Vx+	forza nodale	3	' FX=4,32(kN) FY=-0,34(kN) FZ=-0,71(kN)
6	Vx-	forza nodale	3	' FX=-5,50(kN) FY=0,72(kN) FZ=6,54(kN)
7	Vy	forza nodale	3	' FX=-1,06(kN) FY=3,25(kN) FZ=4,37(kN)
8	Vy-	forza nodale	3	' FX=-0,12(kN) FY=-2,87(kN) FZ=1,46(kN)
9	T	forza nodale	3	' FX=0,40(kN) FY=-1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
1	G1	forza nodale	21	' FX=-0,33(kN) FY=0,02(kN) FZ=-9,55(kN)
2	G2	forza nodale	21	' FX=-0,10(kN) FZ=-3,07(kN)
3	Q	forza nodale	21	' FX=-0,39(kN) FY=0,01(kN) FZ=-12,30(kN)
4	N	forza nodale	21	' FX=-1,39(kN) FY=0,04(kN) FZ=-6,95(kN)
5	Vx+	forza nodale	21	' FX=11,09(kN) FY=-0,23(kN) FZ=13,88(kN)
6	Vx-	forza nodale	21	' FX=-8,60(kN) FY=0,16(kN) FZ=-1,36(kN)
7	Vy	forza nodale	21	' FX=1,20(kN) FY=1,62(kN) FZ=5,76(kN)
8	Vy-	forza nodale	21	' FX=1,30(kN) FY=-1,69(kN) FZ=6,75(kN)
9	T	forza nodale	21	' FX=-0,46(kN) FY=-1,51(kN) FZ=1,56(kN)
1	G1	forza nodale	23	' FX=0,33(kN) FY=0,02(kN) FZ=-9,55(kN)
2	G2	forza nodale	23	' FX=0,10(kN) FZ=-3,07(kN)
3	Q	forza nodale	23	' FX=0,39(kN) FY=0,01(kN) FZ=-12,30(kN)
4	N	forza nodale	23	' FX=1,39(kN) FY=0,04(kN) FZ=-6,95(kN)
5	Vx+	forza nodale	23	' FX=8,60(kN) FY=0,16(kN) FZ=-1,36(kN)
6	Vx-	forza nodale	23	' FX=-11,09(kN) FY=-0,23(kN) FZ=13,88(kN)
7	Vy	forza nodale	23	' FX=-1,20(kN) FY=1,62(kN) FZ=5,76(kN)
8	Vy-	forza nodale	23	' FX=-1,30(kN) FY=-1,69(kN) FZ=6,75(kN)
9	T	forza nodale	23	' FX=0,46(kN) FY=-1,51(kN) FZ=1,56(kN)
1	G1	forza nodale	25	' FX=-0,32(kN) FZ=-8,91(kN)
2	G2	forza nodale	25	' FX=-0,09(kN) FZ=-2,81(kN)
3	Q	forza nodale	25	' FX=-0,37(kN) FZ=-11,24(kN)
4	N	forza nodale	25	' FX=-1,39(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-6,76(kN)
5	Vx+	forza nodale	25	' FX=11,16(kN) FY=-0,01(kN) FZ=13,71(kN)
6	Vx-	forza nodale	25	' FX=-8,66(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,53(kN)
7	Vy	forza nodale	25	' FX=1,25(kN) FY=1,29(kN) FZ=6,19(kN)
8	Vy-	forza nodale	25	' FX=1,25(kN) FY=-1,27(kN) FZ=5,98(kN)
9	T	forza nodale	25	' FX=-0,47(kN) FY=-0,46(kN) FZ=0,44(kN)
1	G1	forza nodale	27	' FX=0,32(kN) FZ=-8,91(kN)
2	G2	forza nodale	27	' FX=0,09(kN) FZ=-2,81(kN)
3	Q	forza nodale	27	' FX=0,37(kN) FZ=-11,24(kN)
4	N	forza nodale	27	' FX=1,39(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-6,76(kN)
5	Vx+	forza nodale	27	' FX=8,66(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,53(kN)
6	Vx-	forza nodale	27	' FX=-11,16(kN) FY=-0,01(kN) FZ=13,71(kN)
7	Vy	forza nodale	27	' FX=-1,25(kN) FY=1,29(kN) FZ=6,19(kN)
8	Vy-	forza nodale	27	' FX=-1,25(kN) FY=-1,27(kN) FZ=5,98(kN)
9	T	forza nodale	27	' FX=0,47(kN) FY=-0,46(kN) FZ=0,44(kN)
1	G1	forza nodale	29	' FX=-0,32(kN) FZ=-8,91(kN)
2	G2	forza nodale	29	' FX=-0,09(kN) FZ=-2,81(kN)
3	Q	forza nodale	29	' FX=-0,37(kN) FZ=-11,24(kN)
4	N	forza nodale	29	' FX=-1,39(kN) FY=0,01(kN) FZ=-6,76(kN)
5	Vx+	forza nodale	29	' FX=11,16(kN) FY=0,01(kN) FZ=13,71(kN)
6	Vx-	forza nodale	29	' FX=-8,66(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,53(kN)

7	Vy	forza nodale	29	' FX=1,25(kN) FY=1,27(kN) FZ=5,98(kN)
8	Vy-	forza nodale	29	' FX=1,25(kN) FY=-1,29(kN) FZ=6,19(kN)
9	T	forza nodale	29	' FX=-0,47(kN) FY=0,46(kN) FZ=0,44(kN)
1	G1	forza nodale	31	' FX=0,32(kN) FZ=-8,91(kN)
2	G2	forza nodale	31	' FX=0,09(kN) FZ=-2,81(kN)
3	Q	forza nodale	31	' FX=0,37(kN) FZ=-11,24(kN)
4	N	forza nodale	31	' FX=1,39(kN) FY=0,01(kN) FZ=-6,76(kN)
5	Vx+	forza nodale	31	' FX=8,66(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,53(kN)
6	Vx-	forza nodale	31	' FX=-11,16(kN) FY=0,01(kN) FZ=13,71(kN)
7	Vy	forza nodale	31	' FX=-1,25(kN) FY=1,27(kN) FZ=5,98(kN)
8	Vy-	forza nodale	31	' FX=-1,25(kN) FY=-1,29(kN) FZ=6,19(kN)
9	T	forza nodale	31	' FX=0,47(kN) FY=0,46(kN) FZ=0,44(kN)
1	G1	forza nodale	33	' FX=-0,33(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-9,55(kN)
2	G2	forza nodale	33	' FX=-0,10(kN) FZ=-3,07(kN)
3	Q	forza nodale	33	' FX=-0,39(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-12,30(kN)
4	N	forza nodale	33	' FX=-1,39(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-6,95(kN)
5	Vx+	forza nodale	33	' FX=11,09(kN) FY=0,23(kN) FZ=13,88(kN)
6	Vx-	forza nodale	33	' FX=-8,60(kN) FY=-0,16(kN) FZ=-1,36(kN)
7	Vy	forza nodale	33	' FX=1,30(kN) FY=1,69(kN) FZ=6,75(kN)
8	Vy-	forza nodale	33	' FX=1,20(kN) FY=-1,62(kN) FZ=5,76(kN)
9	T	forza nodale	33	' FX=-0,46(kN) FY=1,51(kN) FZ=1,56(kN)
1	G1	forza nodale	35	' FX=0,33(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-9,55(kN)
2	G2	forza nodale	35	' FX=0,10(kN) FZ=-3,07(kN)
3	Q	forza nodale	35	' FX=0,39(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-12,30(kN)
4	N	forza nodale	35	' FX=1,39(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-6,95(kN)
5	Vx+	forza nodale	35	' FX=8,60(kN) FY=-0,16(kN) FZ=-1,36(kN)
6	Vx-	forza nodale	35	' FX=-11,09(kN) FY=0,23(kN) FZ=13,88(kN)
7	Vy	forza nodale	35	' FX=-1,30(kN) FY=1,69(kN) FZ=6,75(kN)
8	Vy-	forza nodale	35	' FX=-1,20(kN) FY=-1,62(kN) FZ=5,76(kN)
9	T	forza nodale	35	' FX=0,46(kN) FY=1,51(kN) FZ=1,56(kN)
1	G1	forza nodale	37	' FX=-0,26(kN) FY=0,11(kN) FZ=-4,76(kN)
2	G2	forza nodale	37	' FX=-0,07(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,19(kN)
3	Q	forza nodale	37	' FX=-0,28(kN) FY=0,09(kN) FZ=-4,76(kN)
4	N	forza nodale	37	' FX=-0,65(kN) FY=0,21(kN) FZ=-3,24(kN)
5	Vx+	forza nodale	37	' FX=5,50(kN) FY=-0,72(kN) FZ=6,54(kN)
6	Vx-	forza nodale	37	' FX=-4,32(kN) FY=0,34(kN) FZ=-0,71(kN)
7	Vy	forza nodale	37	' FX=0,12(kN) FY=2,87(kN) FZ=1,46(kN)
8	Vy-	forza nodale	37	' FX=1,06(kN) FY=-3,25(kN) FZ=4,37(kN)
9	T	forza nodale	37	' FX=-0,40(kN) FY=1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
1	G1	forza nodale	39	' FX=0,26(kN) FY=0,11(kN) FZ=-4,76(kN)
2	G2	forza nodale	39	' FX=0,07(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,19(kN)
3	Q	forza nodale	39	' FX=0,28(kN) FY=0,09(kN) FZ=-4,76(kN)
4	N	forza nodale	39	' FX=0,65(kN) FY=0,21(kN) FZ=-3,24(kN)
5	Vx+	forza nodale	39	' FX=4,32(kN) FY=0,34(kN) FZ=-0,71(kN)
6	Vx-	forza nodale	39	' FX=-5,50(kN) FY=-0,72(kN) FZ=6,54(kN)
7	Vy	forza nodale	39	' FX=-0,12(kN) FY=2,87(kN) FZ=1,46(kN)
8	Vy-	forza nodale	39	' FX=-1,06(kN) FY=-3,25(kN) FZ=4,37(kN)
9	T	forza nodale	39	' FX=0,40(kN) FY=1,79(kN) FZ=-2,84(kN)

**Tabella dei Carichi – Trasformatore – Fondazione**

Condiz .	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	peso proprio	1	' PZ Negativo Coeff.=1,00
2	G2	forza nodale	15	' FZ=-68,00(kN)
3	Q	forza nodale	15	' FZ=-21,00(kN)
1	G1	forza nodale	1	' FX=-0,05(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,44(kN)
2	G2	forza nodale	1	' FX=-0,10(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
3	Q	forza nodale	1	' FX=-0,10(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
4	N	forza nodale	1	' FX=-0,15(kN) FY=0,03(kN) FZ=-1,47(kN)
5	Vx+	forza nodale	1	' FX=3,81(kN) FY=-0,04(kN) FZ=5,35(kN)
6	Vx-	forza nodale	1	' FX=-3,39(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-1,15(kN)
7	Vy+	forza nodale	1	' FX=0,21(kN) FY=5,21(kN) FZ=-5,26(kN)
8	Vt-	forza nodale	1	' FX=0,21(kN) FY=-5,29(kN) FZ=9,46(kN)
9	T	forza nodale	1	' FX=-0,05(kN) FY=0,02(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	1	' FX=-0,10(kN) FZ=-0,18(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	1	' FX=-0,22(kN) FZ=-0,38(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	1	' FY=-0,12(kN) FZ=-0,30(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	1	' FY=-0,27(kN) FZ=-0,68(kN)
1	G1	forza nodale	2	' FX=-0,05(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-1,44(kN)
2	G2	forza nodale	2	' FX=-0,10(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
3	Q	forza nodale	2	' FX=-0,10(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
4	N	forza nodale	2	' FX=-0,15(kN) FY=-0,03(kN) FZ=-1,47(kN)
5	Vx+	forza nodale	2	' FX=3,81(kN) FY=0,04(kN) FZ=5,35(kN)
6	Vx-	forza nodale	2	' FX=-3,39(kN) FY=0,04(kN) FZ=-1,15(kN)
7	Vy+	forza nodale	2	' FX=0,21(kN) FY=5,29(kN) FZ=9,46(kN)
8	Vt-	forza nodale	2	' FX=0,21(kN) FY=-5,21(kN) FZ=-5,26(kN)
9	T	forza nodale	2	' FX=-0,05(kN) FY=-0,02(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	2	' FX=-0,10(kN) FZ=-0,18(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	2	' FX=-0,22(kN) FZ=-0,38(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	2	' FY=-0,12(kN) FZ=-0,30(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	2	' FY=-0,27(kN) FZ=-0,68(kN)
1	G1	forza nodale	3	' FX=0,05(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,44(kN)
2	G2	forza nodale	3	' FX=0,10(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
3	Q	forza nodale	3	' FX=0,10(kN) FY=0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
4	N	forza nodale	3	' FX=0,15(kN) FY=0,03(kN) FZ=-1,47(kN)
5	Vx+	forza nodale	3	' FX=3,39(kN) FY=-0,04(kN) FZ=-1,15(kN)
6	Vx-	forza nodale	3	' FX=-3,81(kN) FY=-0,04(kN) FZ=5,35(kN)
7	Vy+	forza nodale	3	' FX=-0,21(kN) FY=5,21(kN) FZ=-5,26(kN)
8	Vt-	forza nodale	3	' FX=-0,21(kN) FY=-5,29(kN) FZ=9,46(kN)
9	T	forza nodale	3	' FX=0,05(kN) FY=0,02(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	3	' FX=-0,10(kN) FZ=-0,18(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	3	' FX=-0,22(kN) FZ=-0,38(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	3	' FY=-0,12(kN) FZ=-0,30(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	3	' FY=-0,27(kN) FZ=-0,68(kN)
1	G1	forza nodale	4	' FX=0,05(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-1,44(kN)

2	G2	forza nodale	4	' FX=0,10(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
3	Q	forza nodale	4	' FX=0,10(kN) FY=-0,02(kN) FZ=-1,05(kN)
4	N	forza nodale	4	' FX=0,15(kN) FY=-0,03(kN) FZ=-1,47(kN)
5	Vx+	forza nodale	4	' FX=3,39(kN) FY=0,04(kN) FZ=-1,15(kN)
6	Vx-	forza nodale	4	' FX=-3,81(kN) FY=0,04(kN) FZ=5,35(kN)
7	Vy+	forza nodale	4	' FX=-0,21(kN) FY=5,29(kN) FZ=9,46(kN)
8	Vt-	forza nodale	4	' FX=-0,21(kN) FY=-5,21(kN) FZ=-5,26(kN)
9	T	forza nodale	4	' FX=0,05(kN) FY=-0,02(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	4	' FX=-0,10(kN) FZ=-0,18(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	4	' FX=-0,22(kN) FZ=-0,38(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	4	' FY=-0,12(kN) FZ=-0,30(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	4	' FY=-0,27(kN) FZ=-0,68(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	G1+G2	SLE: CHR	(1+2)*1.00
39	G1+G2+Q+Vx+0.5N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+5)*1.00+4*0.50+9*0.60
40	G1+G2+Q+Vx+0.5N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+5)*1.00+4*0.50+9*-0.60
41	G1+G2+Q-Vx+0.5N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+6)*1.00+4*0.50+9*0.60
42	G1+G2+Q-Vx+0.5N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+6)*1.00+4*0.50+9*-0.60
43	G1+G2+Q+Vy+0.5N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+7)*1.00+4*0.50+9*0.60
44	G1+G2+Q+Vy+0.5N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+7)*1.00+4*0.50+9*-0.60
45	G1+G2+Q-Vy+0.5N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+8)*1.00+4*0.50+9*0.60
46	G1+G2+Q-Vy+0.5N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+8)*1.00+4*0.50+9*-0.60
47	G1+G2+Q+0.6Vx+N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+(5+9)*0.60
48	G1+G2+Q+0.6Vx+N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+5*0.60+9*-0.60
49	G1+G2+Q-0.6Vx+N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+(6+9)*0.60
50	G1+G2+Q-0.6Vx+N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+6*0.60+9*-0.60
51	G1+G2+Q+0.6Vy+N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+(7+9)*0.60
52	G1+G2+Q+0.6Vy+N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+7*0.60+9*-0.60
53	G1+G2+Q-0.6Vy+N+0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+(8+9)*0.60
54	G1+G2+Q-0.6Vy+N-0.6T	SLE: CHR	(1+2+3+4)*1.00+8*0.60+9*-0.60
55	G1+G2+Q+0.6Vx+0.5N+T	SLE: CHR	(1+2+3+9)*1.00+5*0.60+4*0.50
56	G1+G2+Q+0.6Vx+0.5N-T	SLE: CHR	(1+2+3)*1.00+5*0.60+4*0.50+9*-1.00
57	G1+G2+Q-0.6Vx+0.5N+T	SLE: CHR	(1+2+3+9)*1.00+6*0.60+4*0.50
58	G1+G2+Q-0.6Vx+0.5N-T	SLE: CHR	(1+2+3)*1.00+6*0.60+4*0.50+9*-1.00

Comb.	Nome	Tipo comb.	Definizione
59	G1+G2+Q+0.6Vy+0.5N+T	SLE: CHR	$(1+2+3+9)*1.00+7*0.60+4*0.50$
60	G1+G2+Q+0.6Vy+0.5N-T	SLE: CHR	$(1+2+3)*1.00+7*0.60+4*0.50+9*-1.00$
61	G1+G2+Q-0.6Vy+0.5N+T	SLE: CHR	$(1+2+3+9)*1.00+8*0.60+4*0.50$
62	G1+G2+Q-0.6Vy+0.5N-T	SLE: CHR	$(1+2+3)*1.00+8*0.60+4*0.50+9*-1.00$
63	G1+G2+0.9Q	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.90$
64	G1+G2+0.8Q+0.2Vx	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+5*0.20$
65	G1+G2+0.8Q-0.2Vx	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+6*0.20$
66	G1+G2+0.8Q+0.2Vy	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+7*0.20$
67	G1+G2+0.8Q-0.2Vy	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+8*0.20$
68	G1+G2+0.8Q+0.2N	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+4*0.20$
69	G1+G2+0.8Q+0.5T	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+9*0.50$
70	G1+G2+0.8Q-0.5T	SLE:FRE	$(1+2)*1.00+3*0.80+9*-0.50$
71	G1+G2+0.8Q	SLE:QPR	$(1+2)*1.00+3*0.80$
72	0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vx+0.9T	SLU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50$
73	0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vx-0.9T	SLU	$1*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50+9*-0.90$
74	0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vx+0.9T	SLU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50$
75	0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vx-0.9T	SLU	$1*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50+9*-0.90$
76	0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vy+0.9T	SLU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50$
77	0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vy-0.9T	SLU	$1*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50+9*-0.90$
78	0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vy+0.9T	SLU	$(1+9)*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50$
79	0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vy-0.9T	SLU	$1*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50+9*-0.90$
80	0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vx+1.5T	SLU	$(1+5)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50$
81	0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vx-1.5T	SLU	$(1+5)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50$
82	0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vx+1.5T	SLU	$(1+6)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50$
83	0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vx-1.5T	SLU	$(1+6)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50$
84	0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vy+1.5T	SLU	$(1+7)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50$
85	0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vy-1.5T	SLU	$(1+7)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50$
86	0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vy+1.5T	SLU	$(1+8)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50$
87	0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vy-1.5T	SLU	$(1+8)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50$
88	G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2+11)*1.00+3*0.80+13*0.30$
89	G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2+11)*1.00+3*0.80+13*-0.30$
90	G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2)*1.00+3*0.80+11*-1.00+13*0.30$
91	G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2)*1.00+3*0.80+11*-1.00+13*-0.30$
92	G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2+13)*1.00+3*0.80+11*0.30$
93	G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2+13)*1.00+3*0.80+11*-0.30$
94	G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2)*1.00+3*0.80+11*0.30+13*-1.00$
95	G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV)	Sismiche SLU	$(1+2)*1.00+3*0.80+11*-0.30+13*-1.00$
96	G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2+10)*1.00+3*0.80+12*0.30$
97	G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2+10)*1.00+3*0.80+12*-0.30$
98	G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*-1.00+12*0.30$
99	G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*-1.00+12*-0.30$
100	G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2+12)*1.00+3*0.80+10*0.30$
101	G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2+12)*1.00+3*0.80+10*-0.30$
102	G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*0.30+12*-1.00$
103	G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLD)	Sismiche SLE	$(1+2)*1.00+3*0.80+10*-0.30+12*-1.00$

## 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 – SW Station**

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.

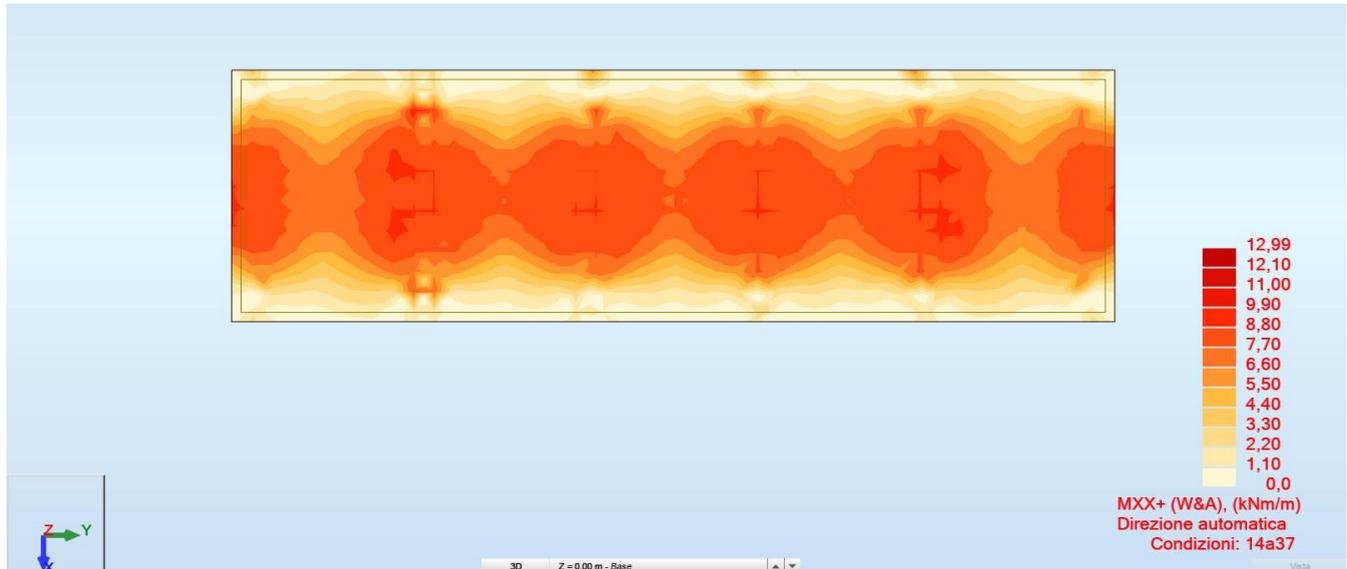


FIG. 21 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

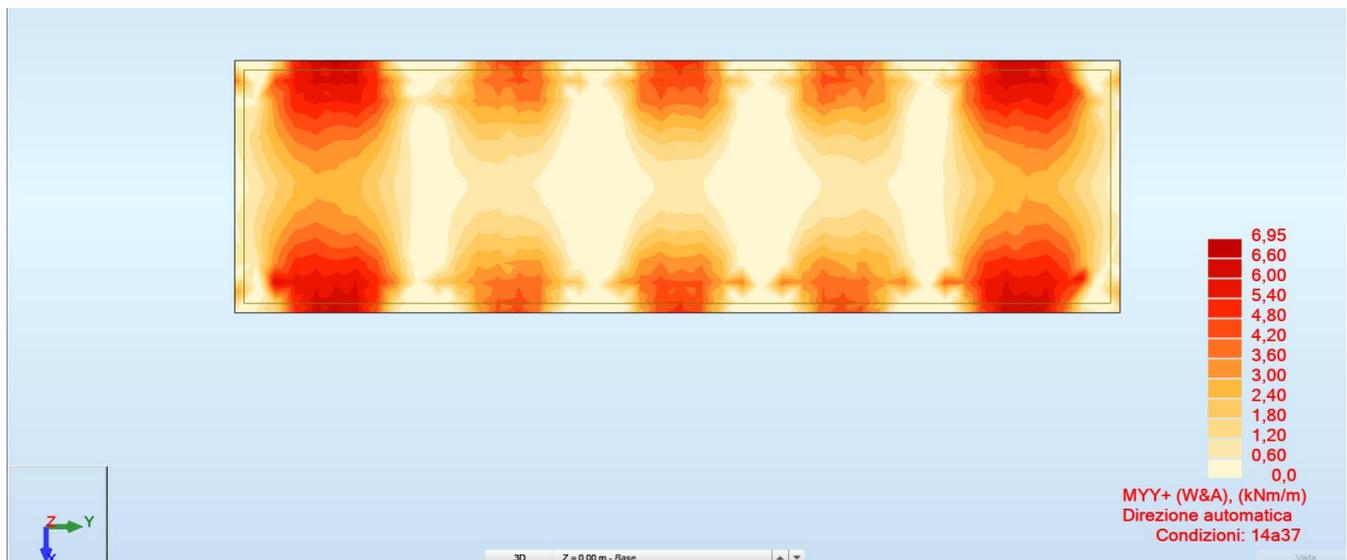


FIG. 22 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

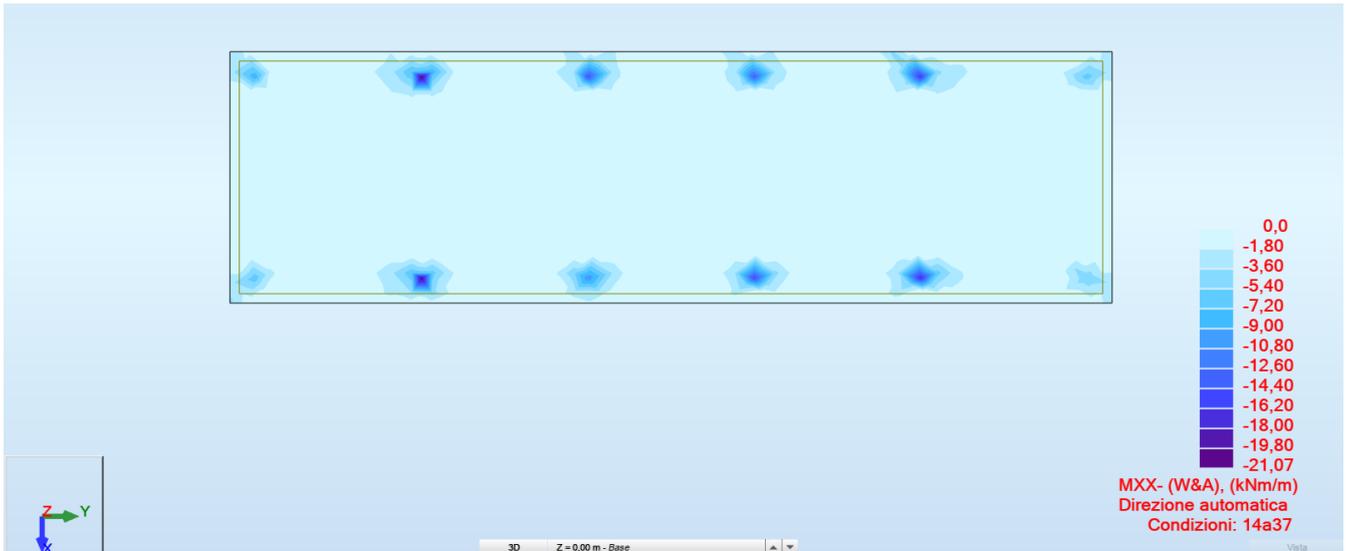


FIG. 23 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

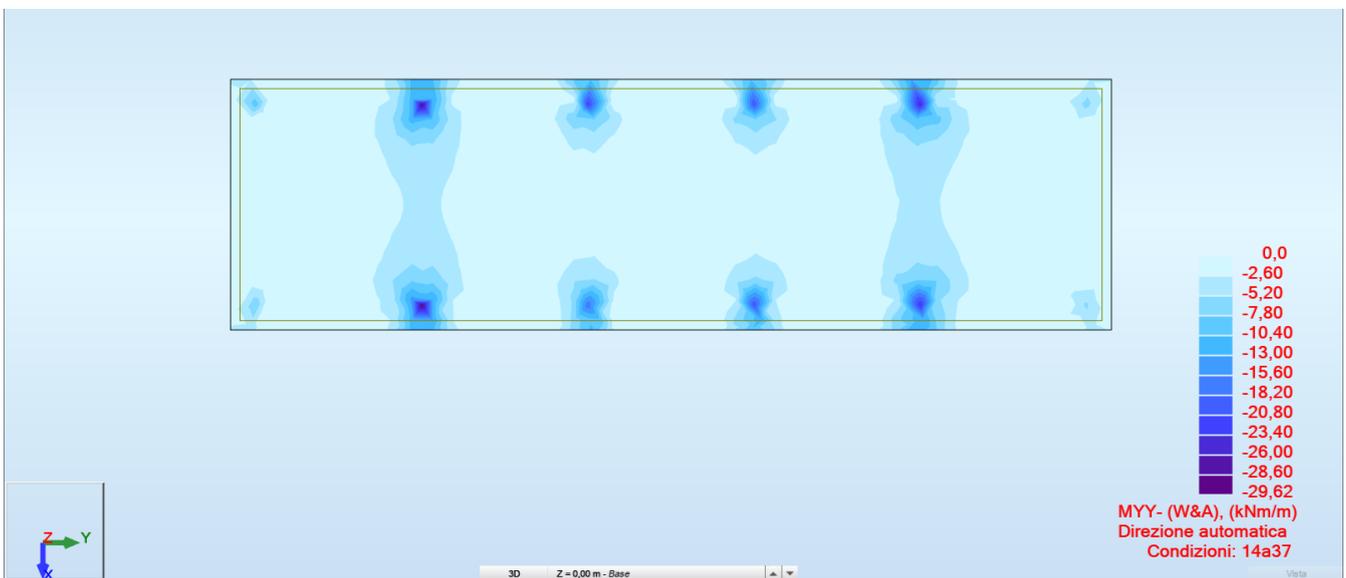


FIG. 24 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

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

**TITOLO :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	5,65	5
			2	5,65	25

**Tipologia Sezione:**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Diagramma:**

**Sollecitazioni S.L.U. Metodo n**

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N:**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Materiali:**  
 B450C  C25/30  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ‰  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>

**Calcolo:**  
M<sub>xRd</sub>  kNm  
σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>s</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

**Metodo di calcolo:**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipologia flessione:**  
 Retta  Deviata

N° rett.   
   
L<sub>0</sub>  cm   
 Precompresso

Fig. 25 – Mrd per la sezione con h=30cm e Armatura Ø12/200mm

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 29.62 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/29.62 = 1.97 > 1$$

M<sub>Rd</sub>: 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<sub>Rd</sub> 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 Ø12/200mm.

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

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

Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – SW Station

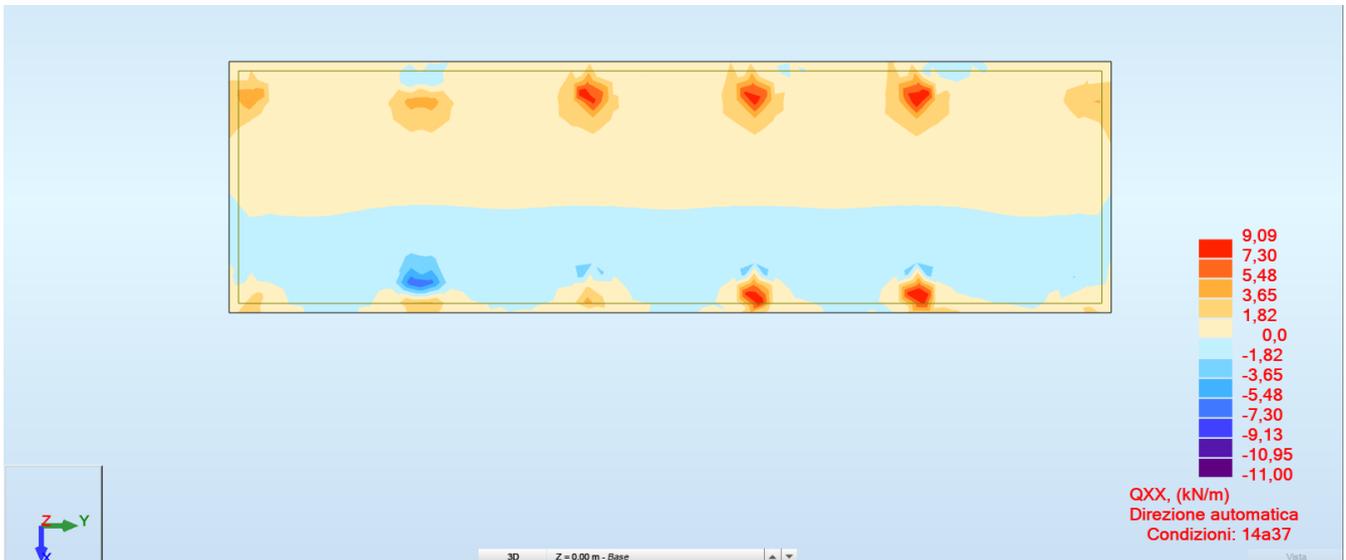


Fig. 26 – **Mappa Qxx+** - Mappa del Taglio sollecitante

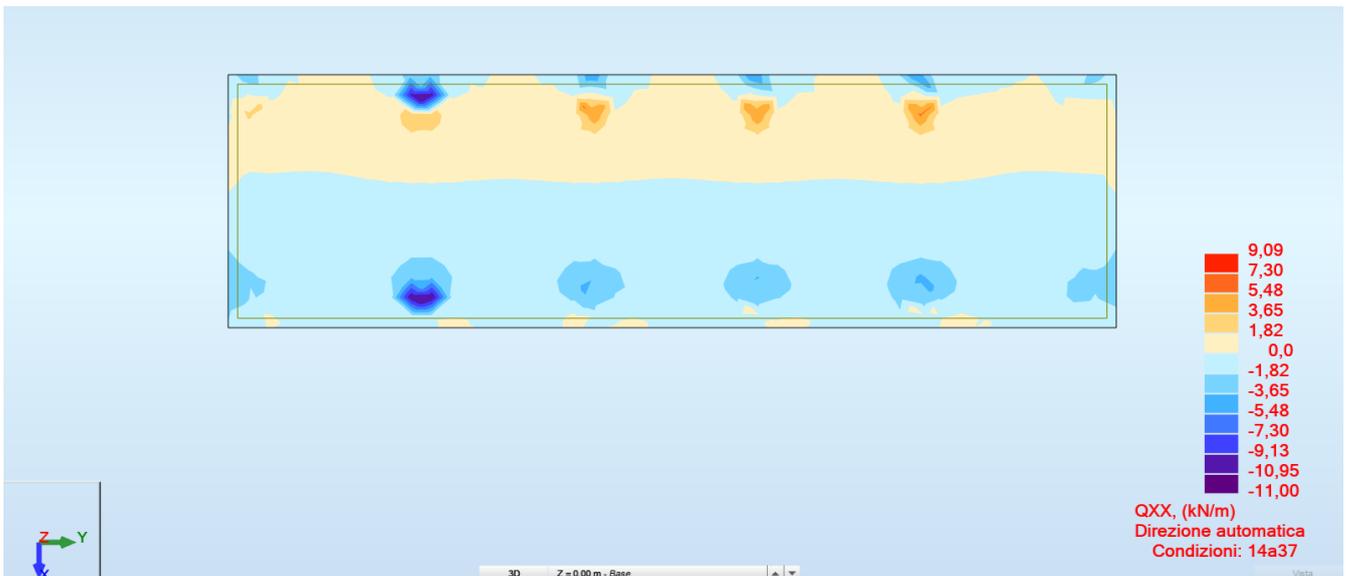


Fig. 27 – **Mappa Qxx-** - Mappa del Taglio sollecitante

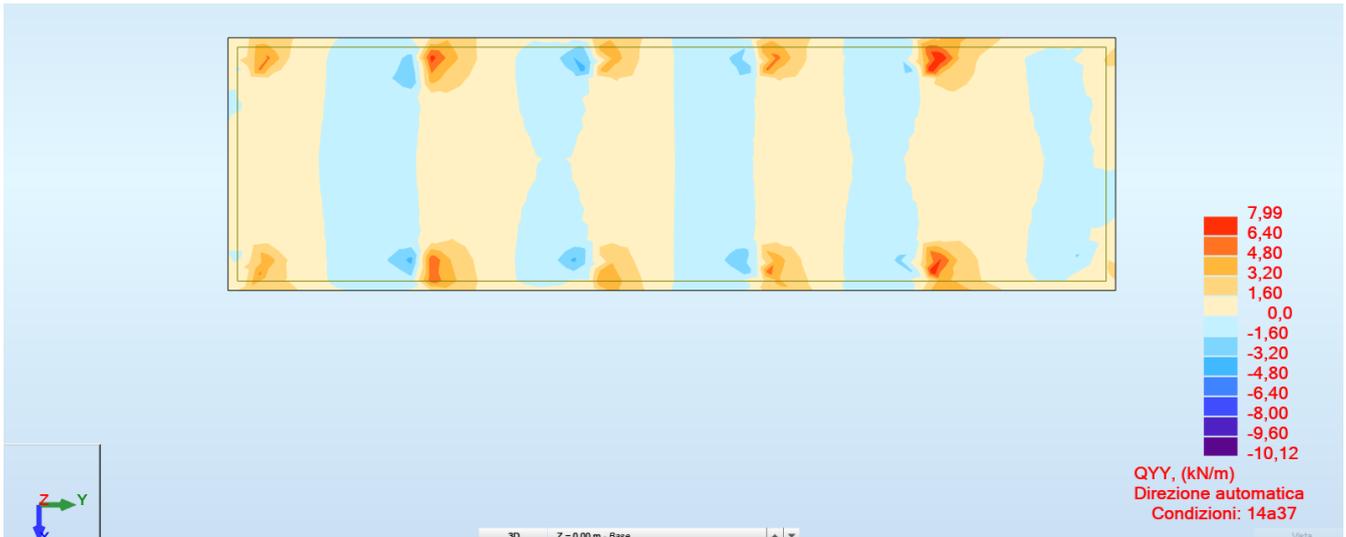


Fig. 28 – **Mappa Qyy +** - Mappa del Taglio sollecitante

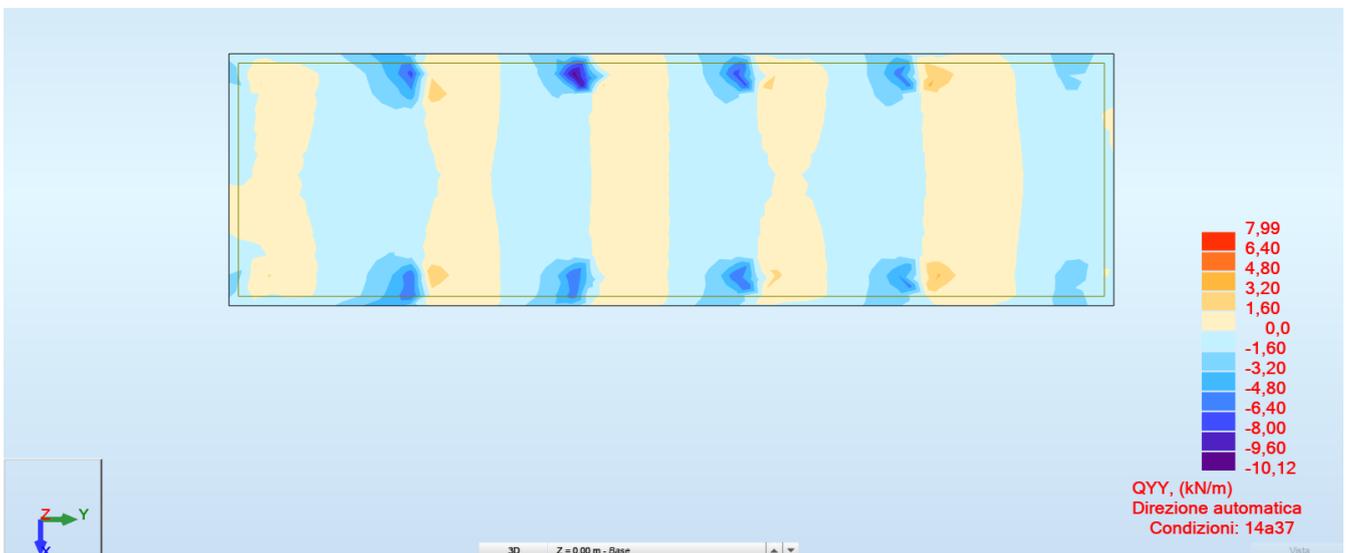


Fig. 29 – **Mappa Qyy -** - Mappa del Taglio sollecitante

$Q_{xx}$  /  $Q_{yy}$ : 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<sub>Rd,c 300mm</sub> = 114.1kN > V<sub>Sd,max</sub> = 11kN

Taglio massimo riportato nelle mappe

### Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Trasformatore

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.

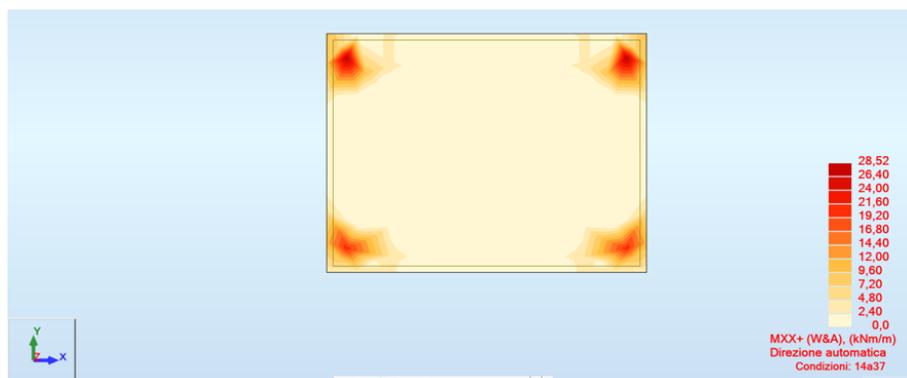


FIG. 30 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

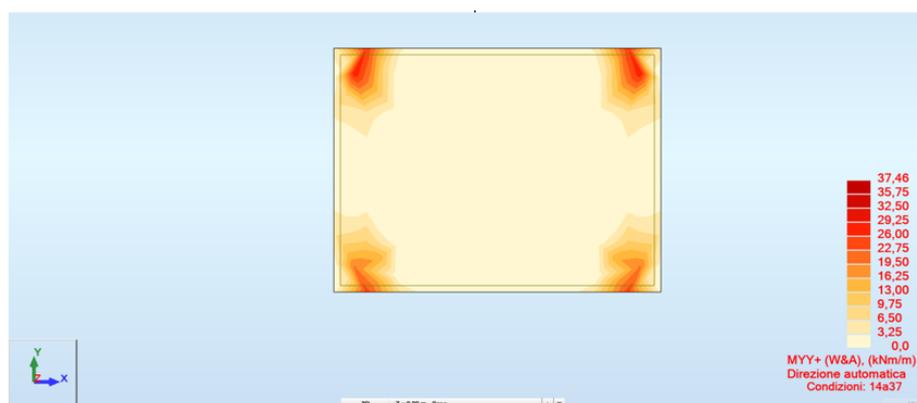


FIG. 31 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

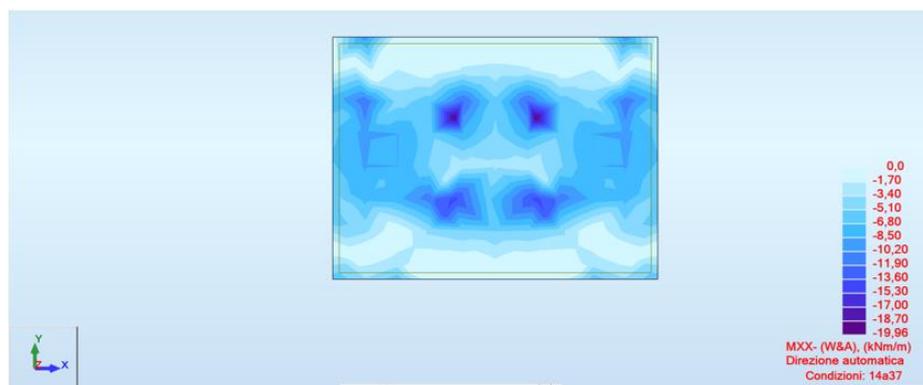


FIG. 32 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

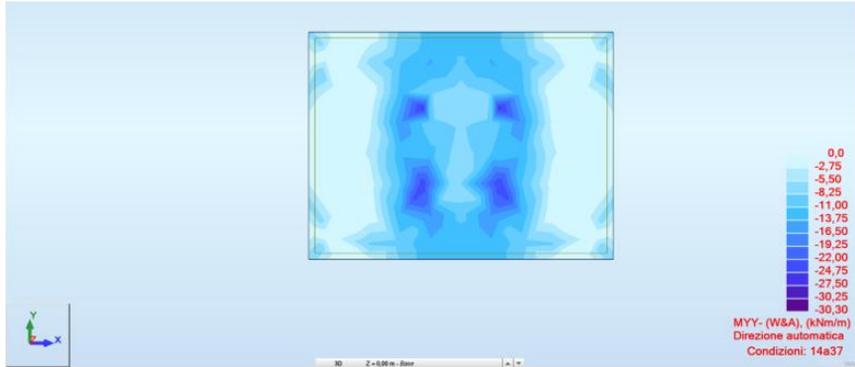


FIG. 33 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

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

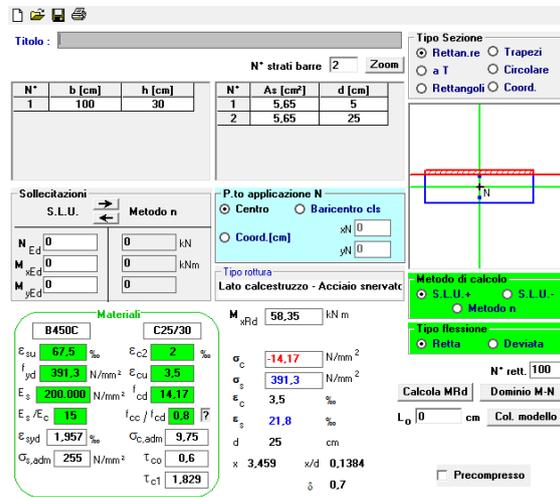


Fig. 34 – M<sub>rd</sub> per la sezione con h=30cm e Armatura  $\varnothing 12/200$ mm

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 37.46 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/37.46=1.55 > 1$$

M<sub>Rd</sub>: 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<sub>Rd</sub> 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 – Trasformatore

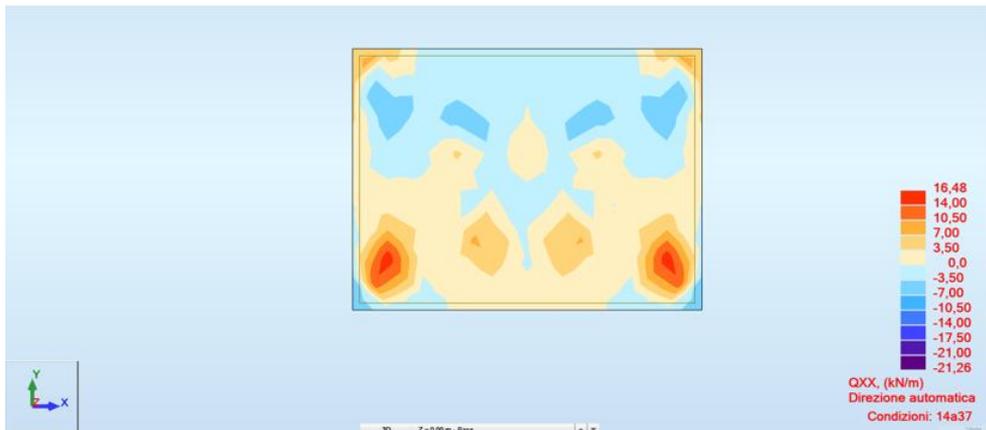


Fig. 35 – **Mappa Qxx+** - Mappa del Taglio sollecitante



Fig. 36 – **Mappa Qxx-** - Mappa del Taglio sollecitante

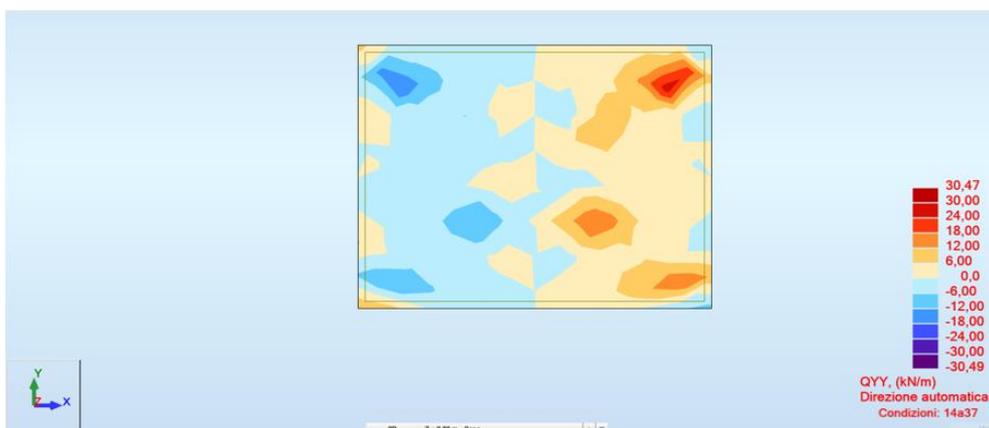


Fig. 37 – **Mappa Qyy +** - Mappa del Taglio sollecitante

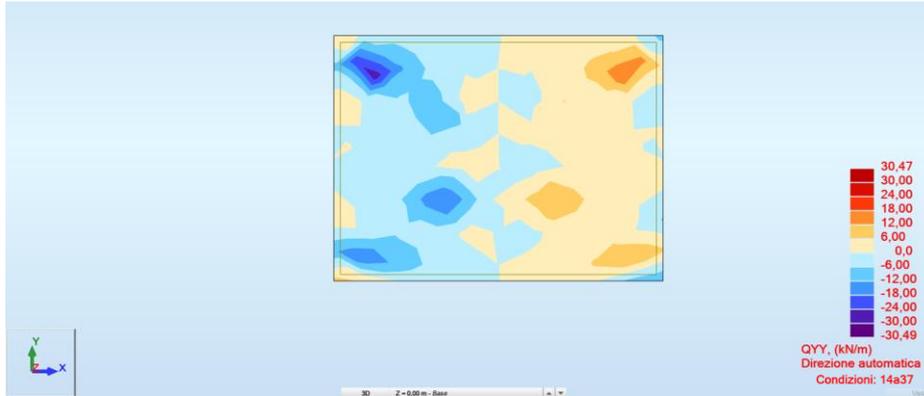


Fig. 38 – **Mappa Qyy** - - Mappa del Taglio sollecitante

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.

**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>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  
 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>

Resistenza a taglio senza armatura

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.

$$V_{Rd,c 300mm} = 114.1kN > V_{Sd,max} = 30.49kN$$

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  $\phi = 35^\circ$  e la seguente formulazione:

$$FS = [N_{tot} \cdot \text{tg}(2/3 \cdot \phi) / \gamma R_d] / V_{ed}$$

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

Fondazione – SW Station	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3(G1)+1.5(G2)+1.5(Qcop)+1.5(Q)+0.9(Wy-)+0.75(S)-0.9(T)						
Som.di forz.	-2	26	72	26.1	28.2	1,08

Fondazione – Trasformatore	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3(G1)+1.5(G2)+1.5(Q)+1.5(Wy-)+0.75(S)-0.9(T)						
Som.di forz.	2	9	141	9,2	55,3	6,00

**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.

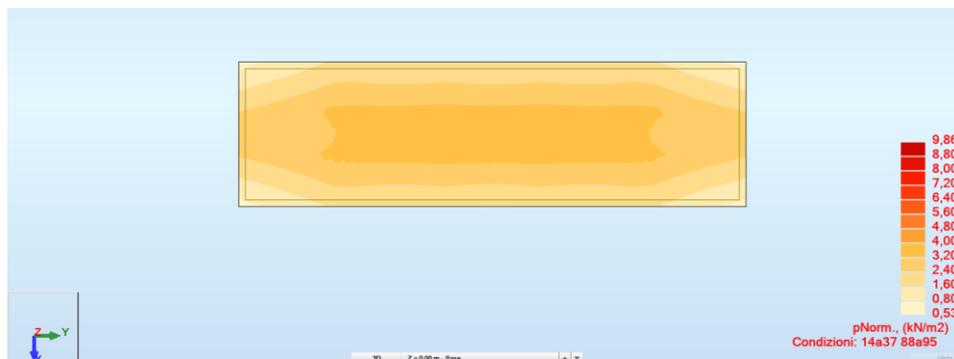


Fig. 39 – Pressioni sul terreno – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – SW Station

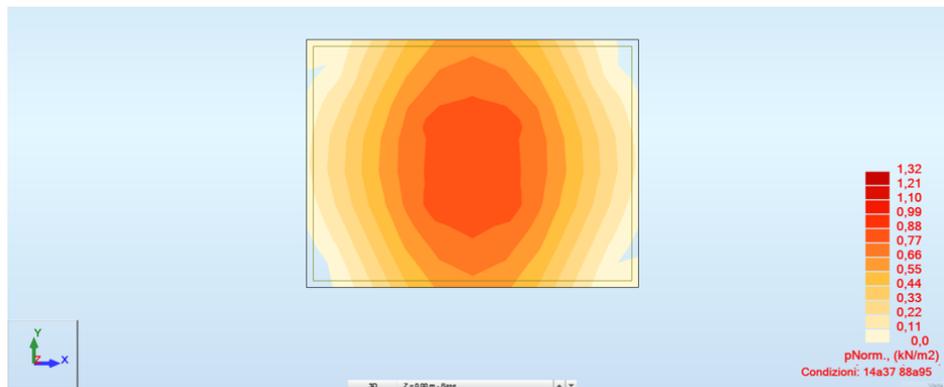


Fig. 40 – Pressioni sul terreno – Involuppo Combinazioni SLU (EQU) – Fondazione – Trasformatore

### Verifica a Capacità Portante

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

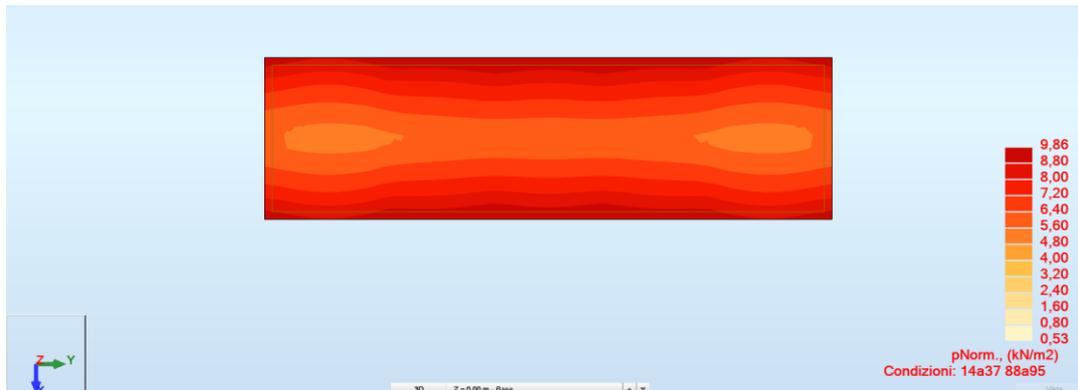


Fig. 41 – Involuppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – SW Station

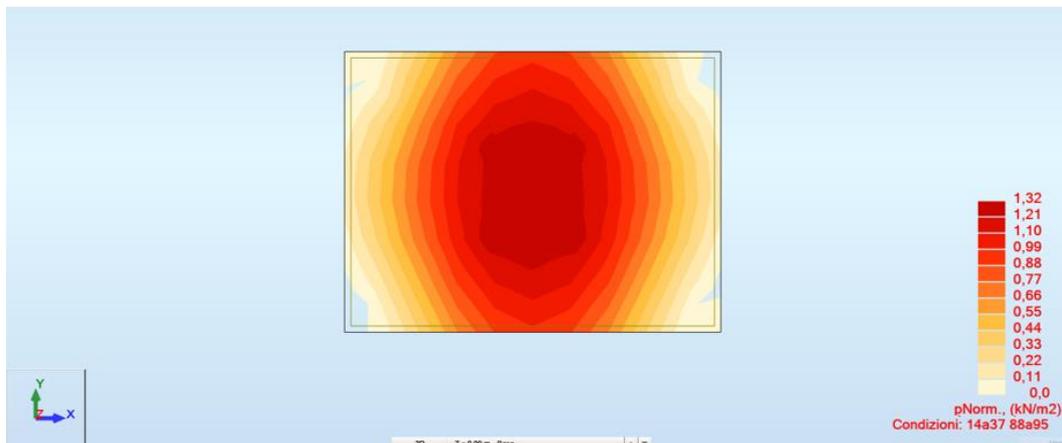


Fig. 42 – Involuppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Trasformatore

### Verifica agli stati limite di esercizio SLE – Fondazione – SW Station

#### Verifica a Fessurazione – Fondazione

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:

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

$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2$  (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 involupei 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 quasi permanente SLE: Combinazione n°71

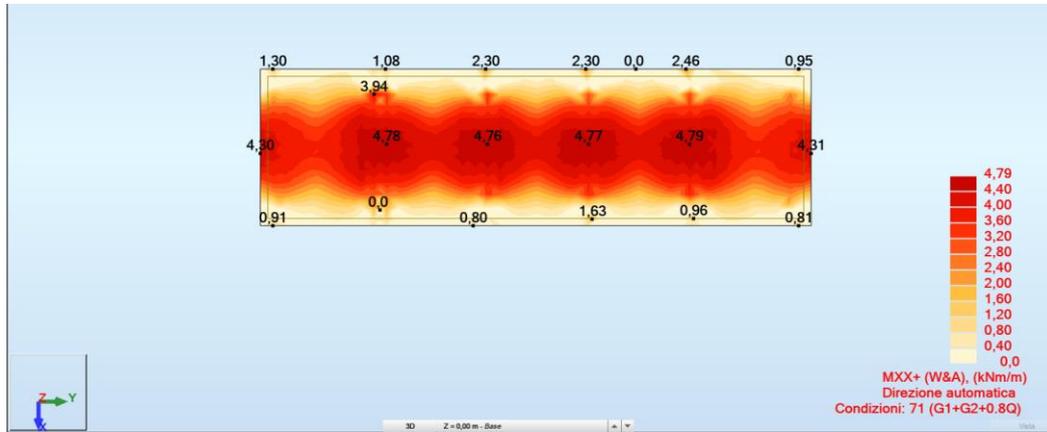


FIG. 43 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

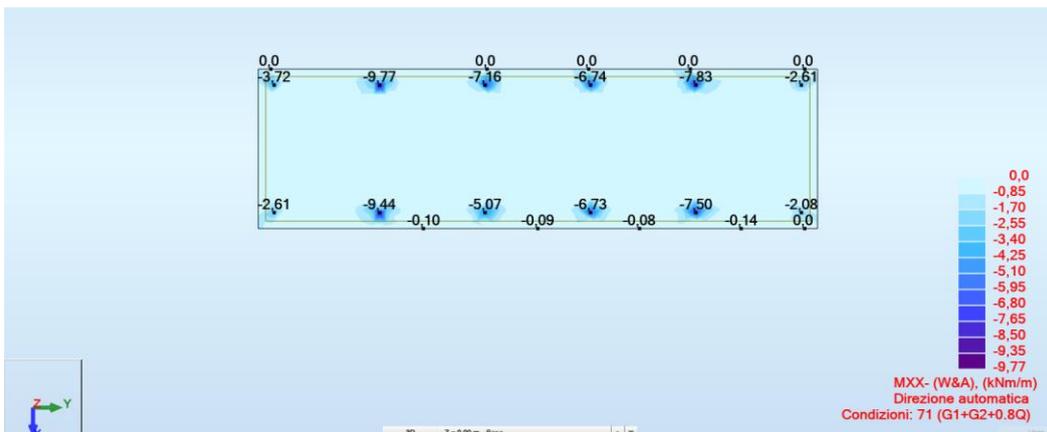


FIG. 44 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

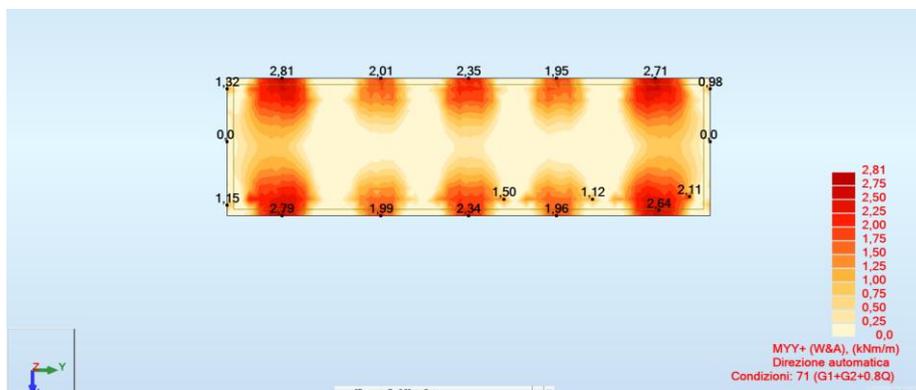


FIG. 45 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

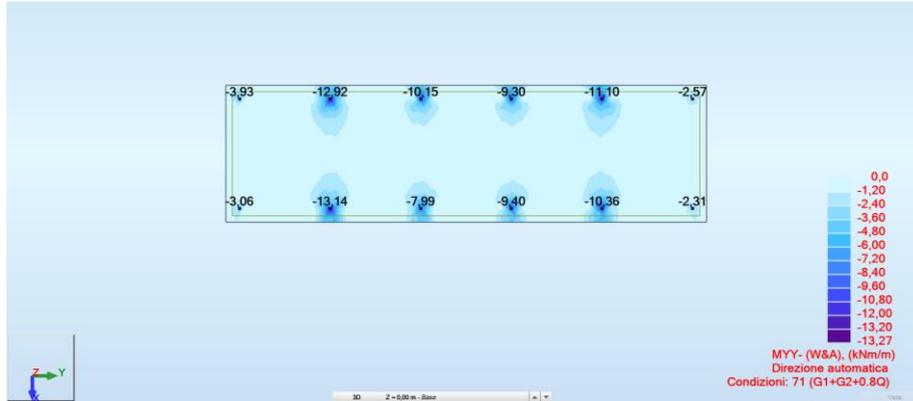


Fig. 46 – Involuppo inferiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione Y  
 COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento  $M_x = 14 \text{ kNm/m}$  agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)			
wlim	0,30 mm	Comb SLE Qper	
b	100 cm		
h	30 cm		
Es	210000 N/mm <sup>2</sup>		
σs	99,9 N/mm <sup>2</sup>		
kt	0,4	carico di lunga durata	
fctm	2,94 N/mm <sup>2</sup>		
As	5,65 cm <sup>2</sup>	5ø12	
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	33019 N/mm <sup>2</sup>		
αe	6,360		
esm	-0,00036		
0.6(σs/Es)	0,00029		
k1	0,8	Barre Ad. Migl.	
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δsmax	462,97 mm		
wd	0,132 mm	Sezione verificata	

$$\sigma_c \sim 1.94 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 100 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.132 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°63-70

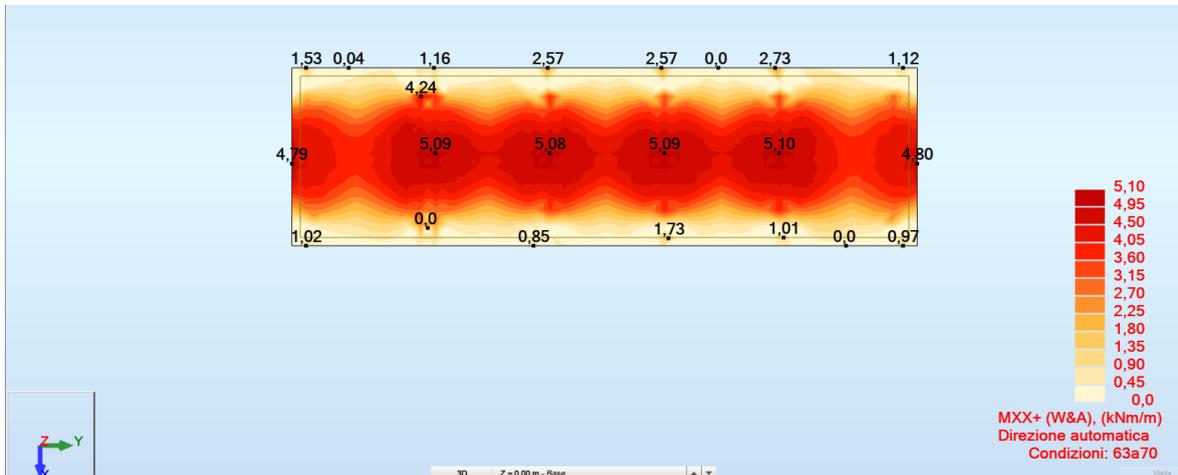


FIG. 47 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X COMBINAZIONE SLE FREQUENTE



FIG. 48 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

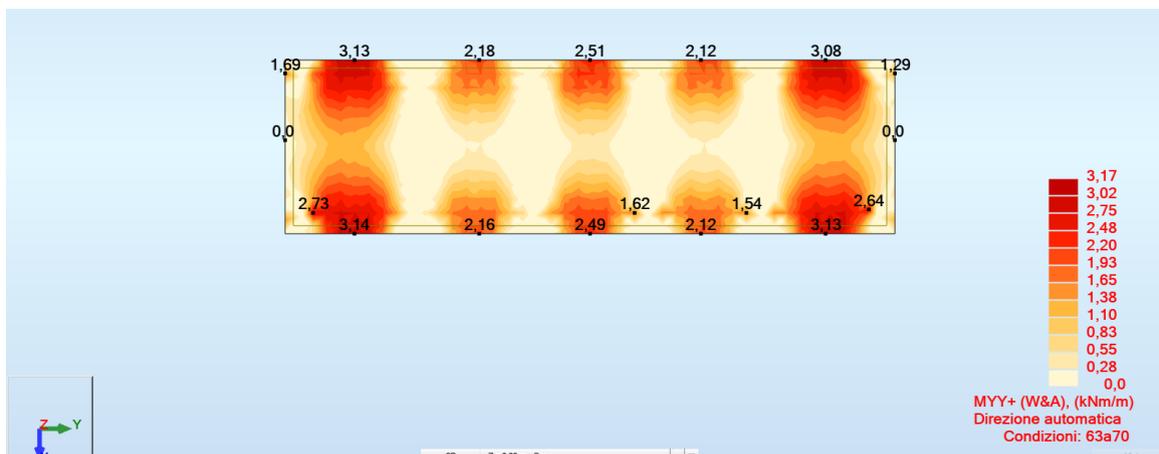


FIG. 49 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y  
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

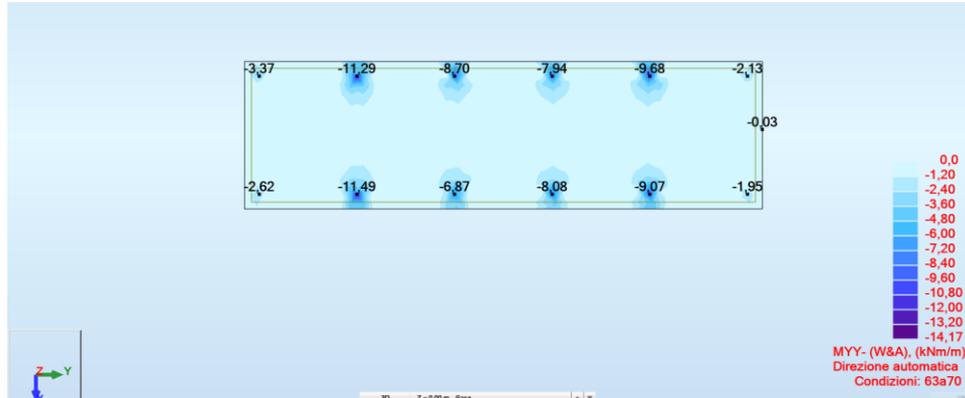


FIG. 50 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y  
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

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

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)		
wlim	0,30 mm	Comb SLE Qper
b	100 cm	
h	30 cm	
Es	210000 N/mm <sup>2</sup>	
σs	92,2 N/mm <sup>2</sup>	
kt	0,4	carico di lunga durata
fctm	2,94 N/mm <sup>2</sup>	
As	5,65 cm <sup>2</sup>	5ø12
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	33019 N/mm <sup>2</sup>	
αe	6,360	
esm	-0,00040	
0.6(σs/Es)	0,00026	
k1	0,8	Barre Ad. Migl.
k2	0,50	
k3	3,4	
k4	0,425	
Δsmax	462,97 mm	
wd	0,122 mm	Sezione verificata

$$\sigma_c \sim 1.79 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 92 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.122\text{mm} < 0.4 \text{ mm}$$

### Verifica agli stati limite di esercizio SLE – Fondazione – Trasformatore

#### Verifica a Fessurazione – Fondazione

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 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 quasi permanente SLE: Combinazione n°71

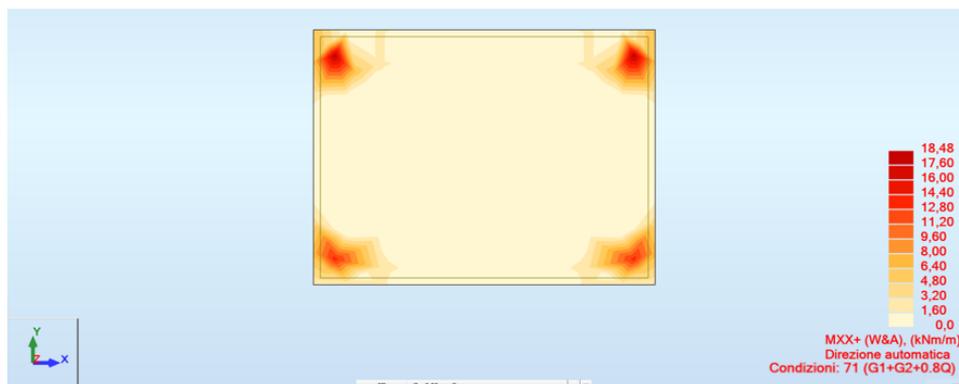


Fig. 51 – Involuppo superiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione X

COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

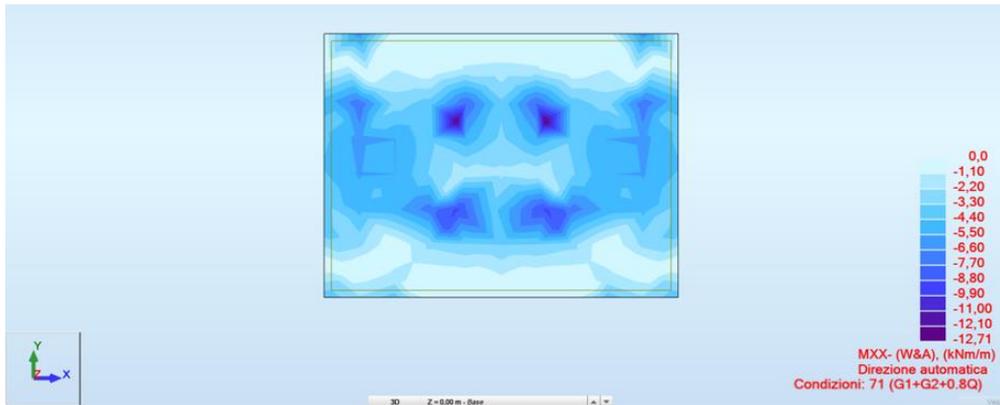


FIG. 52 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

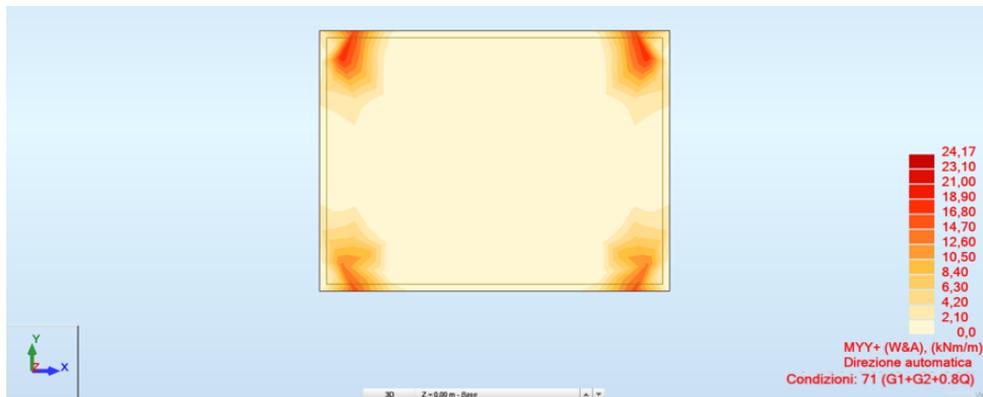


FIG. 53 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

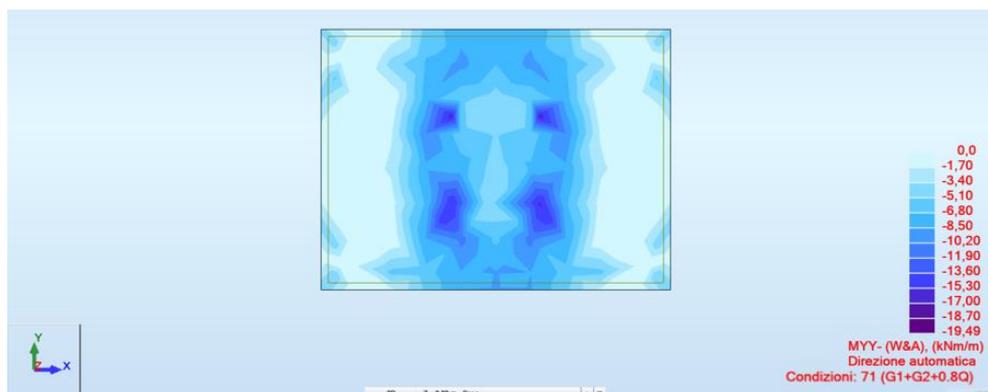


FIG. 54 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento  $M_x = 25 \text{ kNm/m}$  agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)			
wlim	0,30	mm	Comb SLE Qper ▼
b	100	cm	
h	30	cm	
Es	210000	N/mm <sup>2</sup>	
σs	192,1	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	5,64	cm	
hc,ef	8,1	cm	
Ac,ef	812,1	cm <sup>2</sup>	
ρp,eff	0,007		
Ecm	31447	N/mm <sup>2</sup>	
αe	6,678		
εsm	0,00018		
0.6(σs/Es)	0,00055		
k1	0,8		Barre Ad. Migl. ▼
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δsmax	462,97	mm	
wk	0,254	mm	<b>Sezione verificata</b>

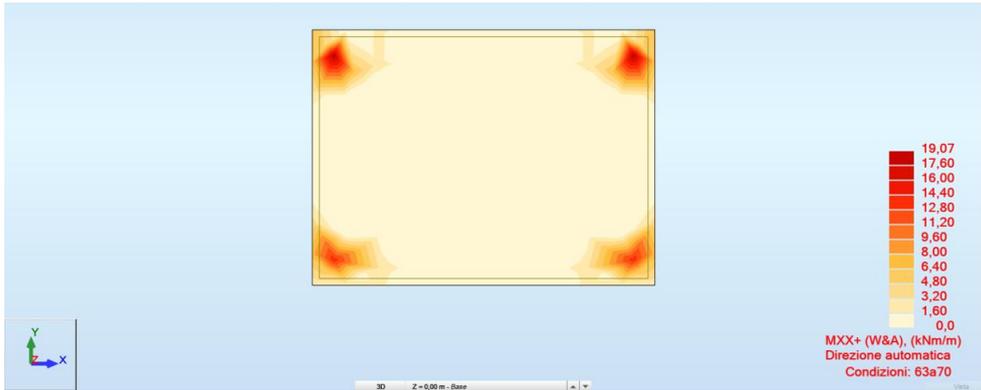
$$\sigma_c \sim 3.73 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 192 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

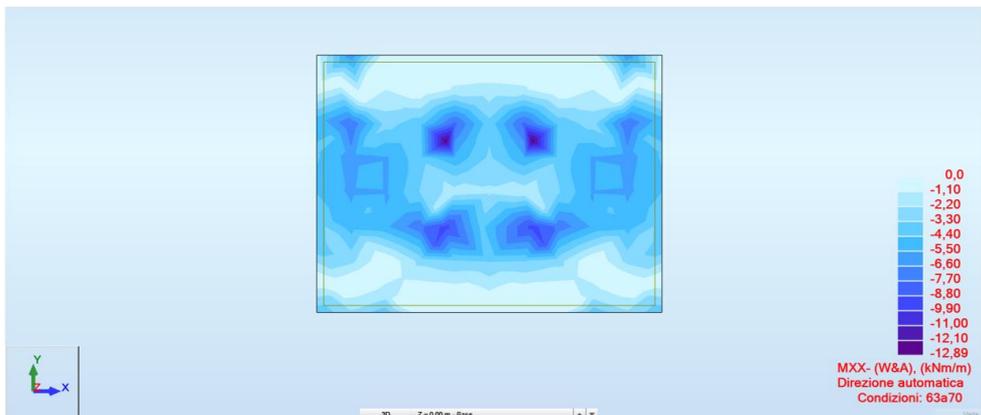
L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.254 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

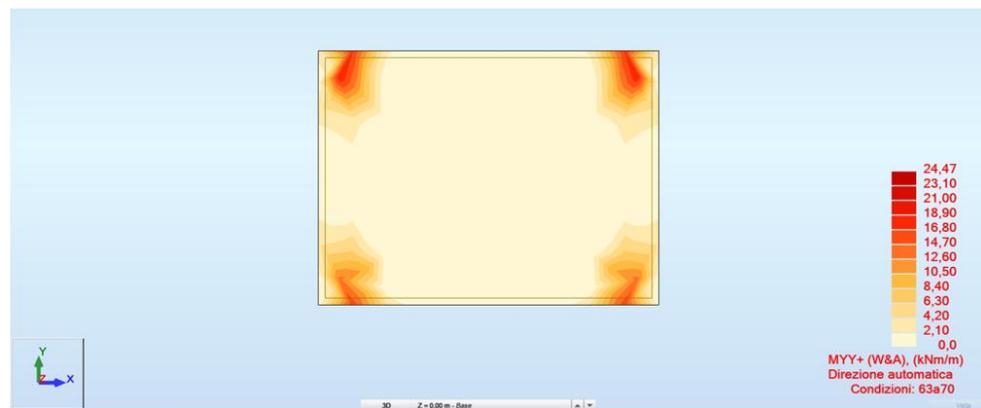
**Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°63-70**



**FIG. 55 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X  
 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE**



**FIG. 56 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X  
 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE**



**FIG. 57 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y  
 COMBINAZIONE SLE FREQUENTE**

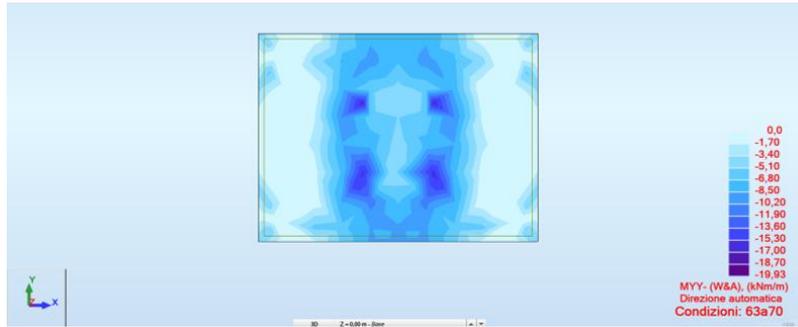


FIG. 58 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento  $M_x = 25\text{kNm/m}$  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/mm²		
σs	192,1 N/mm²		
kt	0,4	carico di lunga durata ▼	
fctm	2,56 N/mm²		
As	5,65 cm²	5ø12	
c	50 mm	copriferro	
d	25 cm		
x	5,64 cm		
hc,ef	8,1 cm		
Ac,ef	812,1 cm²		
pp,eff	0,007		
Ecm	31447 N/mm²		
αe	6,678		
esm	0,00018		
0.6(σs/Es)	0,00055		
k1	0,8	Barre Ad. Migl. ▼	
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δsmax	462,97 mm		
wk	0,254 mm	<b>Sezione verificata</b>	

$$\sigma_c \sim 3.73 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 192 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.254\text{mm} < 0.4 \text{ mm}$$

**Verifica a Cedimento 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

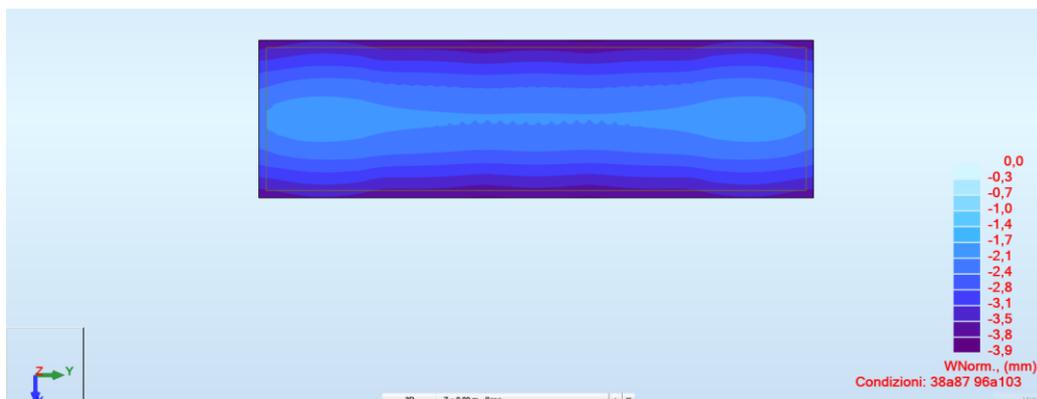


FIG. 59 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – SW STATION

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

$w_{max} = 3.9\text{mm}$

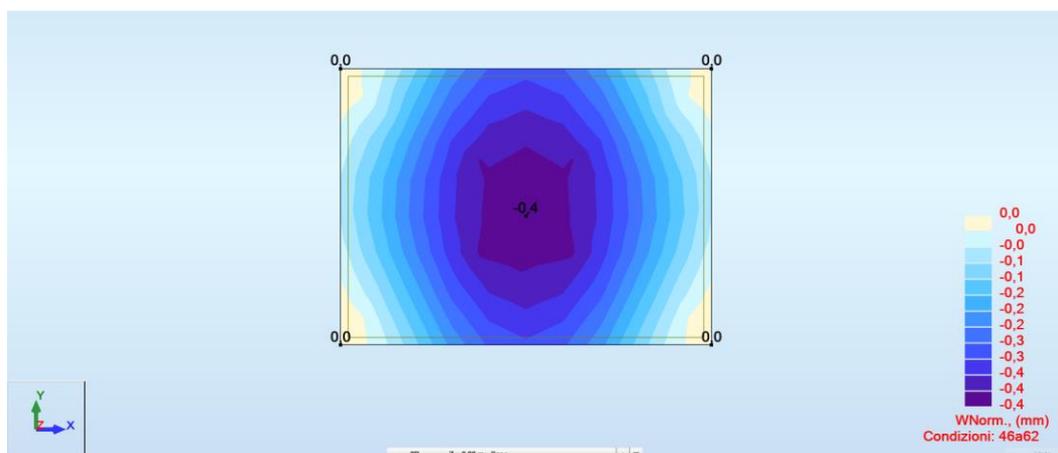


FIG. 60 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – TRASFORMATORE

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

$w_{max} = 0.4\text{mm}$

### 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 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.

### 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:

Titolo	Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2022
Autore	Autodesk Inc.
Produttore	Autodesk Inc.
Fornitore	Autodesk Inc.
Versione	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**.

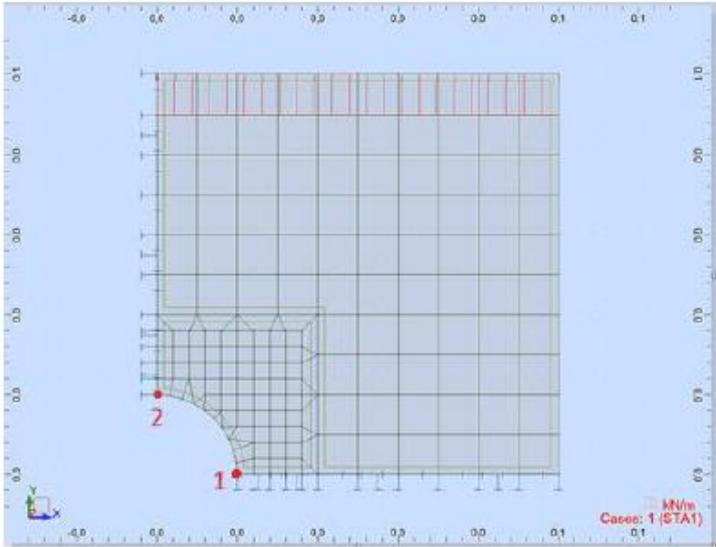
## DOCUMENTAZIONE CASI PROVA

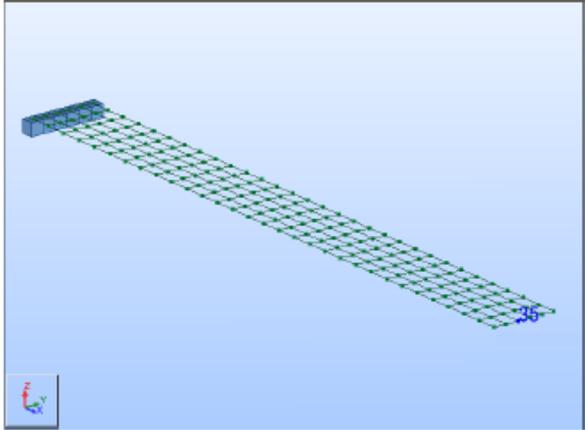
## 2. PLATE/SHELL STRUCTURES

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.

<b>VERIFICATION EXAMPLE</b>				
<b>Tension of perforated membrane - SSLP02</b>				
<b>Name of the test:</b>				SSLP02
<b>Reference:</b>				AFNOR
<b>Specification:</b>	Simple tension of perforated membrane.			
<b>GEOMETRY:</b>	¼ of a model analyzed (due to symmetry) with a mesh 10x10			
				
<b>DATA FILE</b>	SSLP02.rtd			
<b>COMPARISON:</b>				
<b>Node</b>	<b>Compared result</b>	<b>RSA 2021</b>	<b>AFNOR</b>	<b>Difference %</b>
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
<b>CONCLUSION:</b>				
Poor agreement of results.				
24	 <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">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.</p>			

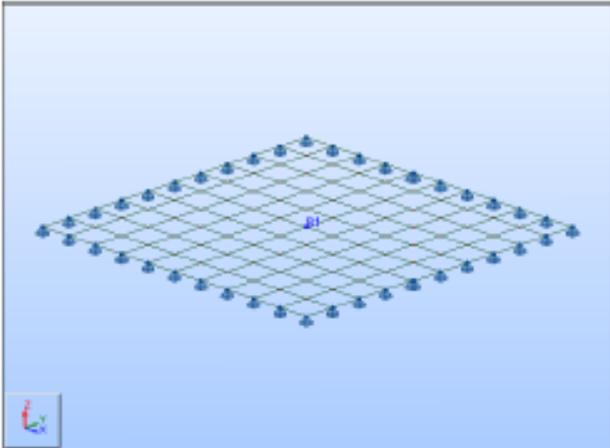
<b>VERIFICATION EXAMPLE</b>				
<b>Rectangular plate: cantilever slab - SSSL01</b>				
<b>Name of the test:</b>				SSLS01
<b>Reference:</b>				AFNOR
<b>Specification:</b>	Cantilever slab under uniform pressure			
<b>GEOMETRY:</b>				
				
<b>DATA FILE</b>	SSLS01.rtd			
<b>COMPARISON:</b>				
<b>Node</b>	<b>Compared result</b>	<b>RSA 2021</b>	<b>AFNOR</b>	<b>Difference %</b>
35	Displacement UZ (mm)	- 95.919	- 95.90	0.021
<b>CONCLUSION:</b>				
Excellent agreement of results.				
25	 <small>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.</small>			

**VERIFICATION EXAMPLE**

**Simply supported square plate - SSLS02**

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

**GEOMETRY:**



**DATA FILE:** SSLS02.rtd

**COMPARISON:**

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

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

**CONCLUSION:**  
 Excellent agreement of results.

26



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.

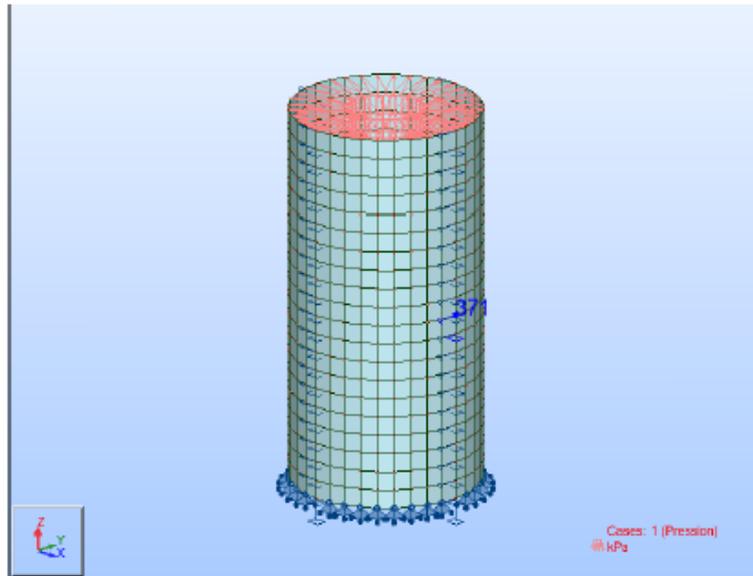


**VERIFICATION EXAMPLE**

Thin-walled cylinder under uniform radial pressure - SSLS06

Name of the test: SSLS06  
 Reference: AFNOR  
 Specification: Shell - Cylinder - Material: elastic - Pressure

**GEOMETRY:**



DATA FILE: SSLS06.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.

30



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.