

IMPIANTO AGRIVOLTAICO E OPERE DI CONNESSIONE

METKA EGN RENEWABLES DEVELOPMENT ITALY S.R.L.

POTENZA IMPIANTO 24,50 MW - COMUNE DI CEREIA (VR)

Proponente

METKA EGN RENEWABLES DEVELOPMENT ITALY S.R.L.

PIAZZA FONTANA 6 - 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 11737990967 - PEC: metkaegnrnewables@legalmail.it

Progettazione

Ing. Antonello Ruttilio

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

Tel.: +39 0532 202613 - email: a.ruttilio@incico.com

Collaboratori

P.ind. Michele Lambertini

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

Tel.: +39 0532 202613 - email: m.lambertini@incico.com

Coordinamento progettuale

Envidev Consulting s.r.l

CORSO VITTORIO EMANUELE II 287 - 00186 - ROMA (RM) - P.IVA: 01653460558 - PEC: envidev_csrl@pec.it

Tel.: +39 3666 376 932 - email: francesco@envidevconsulting.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL09	22ENV01_PD_REL09.00 - Relazione tecnica strutture.docx	23/12/2022

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	23/12/22	EMISSIONE PER PERMITTING	LAR	ARU	ARU

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE

INDICE

OPERE IN ACCIAIO	1
PREMESSA.....	1
INTRODUZIONE	2
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
MATERIALI.....	5
Acciaio per strutture metalliche	5
CARICHI ELEMENTARI	6
Peso proprio strutture (G1).....	6
Carichi permanenti non strutturali (G2)	7
Carichi da vento (Wx/Wy).....	7
Carico da Neve (N).....	10
Azione Sismica (E)	10
COMBINAZIONI DI CARICO	11
PROGRAMMA DI CALCOLO	12
MODELLO DI CALCOLO.....	14
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO	18
Valori dei Carichi	18
REAZIONI AL PIEDE DELLA STRUTTURA	18
VERIFICHE ALLO SLU DEI PROFILI PIÙ SOLLECITATI.....	19
OPERE IN CEMENTO ARMATO	21
OGGETTO.....	21
INTRODUZIONE	21
NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	23
MATERIALI.....	24
Calcestruzzo.....	24
Acciaio per cemento armato.....	24
CARICHI ELEMENTARI	24
CARICHI CABINATI.....	25
Peso Proprio Struttura (G1)	25
Carichi permanenti non strutturali (G2)	25
Carichi variabili di esercizio su copertura (Q).....	25
Carico della neve (N).....	25
Carico del vento (Wx+/Wx-/Wy+/Wy-).....	26
Variazione termica (T)	27
Carichi Sismici.....	27
Reazioni Vincolari SW Station	32
Nodi Container Inverter/trasformatore	35
COMBINAZIONI DI CARICO	38
Combinazioni di carico per Fondazioni.....	38
PROGRAMMA DI CALCOLO	39
MODELLO DI CALCOLO.....	41
SW Station.....	41

<i>Inverter/Trasformatore</i>	45
CARICHI APPLICATI E COMBINAZIONI DI CARICO	49
<i>CONDIZIONI DI CARICO</i>	49
DATI DI OUTPUT	55
Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – SW Station	56
Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – SW Station.....	59
<i>Resistenza a taglio senza armatura</i>	61
Inviluppo delle sollecitazioni flessionali – Fondazione – Trasformatore	61
<i>Inviluppo delle sollecitazioni di Taglio – Fondazione – Trasformatore</i>	64
VERIFICHE DI STABILITA'	66
<i>Verifica a scorrimento</i>	66
<i>Verifica a ribaltamento</i>	66
<i>Verifica a Capacità Portante</i>	67
<i>Verifica agli stati limite di esercizio SLE – Fondazione – SW Station</i>	68
<i>Verifica agli stati limite di esercizio SLE – Fondazione – Trasformatore</i>	72
Verifica a Cedimento Fondazione	77
CONCLUSIONI	78
TIPO DI ANALISI SVOLTA	78
ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	78
<i>AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI</i>	79
<i>MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI</i>	79
<i>INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE</i>	79
<i>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI</i>	79
<i>DOCUMENTAZIONE CASI PROVA</i>	80

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 METKA EGN RENEWABLES DEVELOPMENT ITALY S.R.L. con sede in Piazza Fontana 6 (MI).

Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Cerea (VR) 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 –INDIVIDUAZIONE SITO



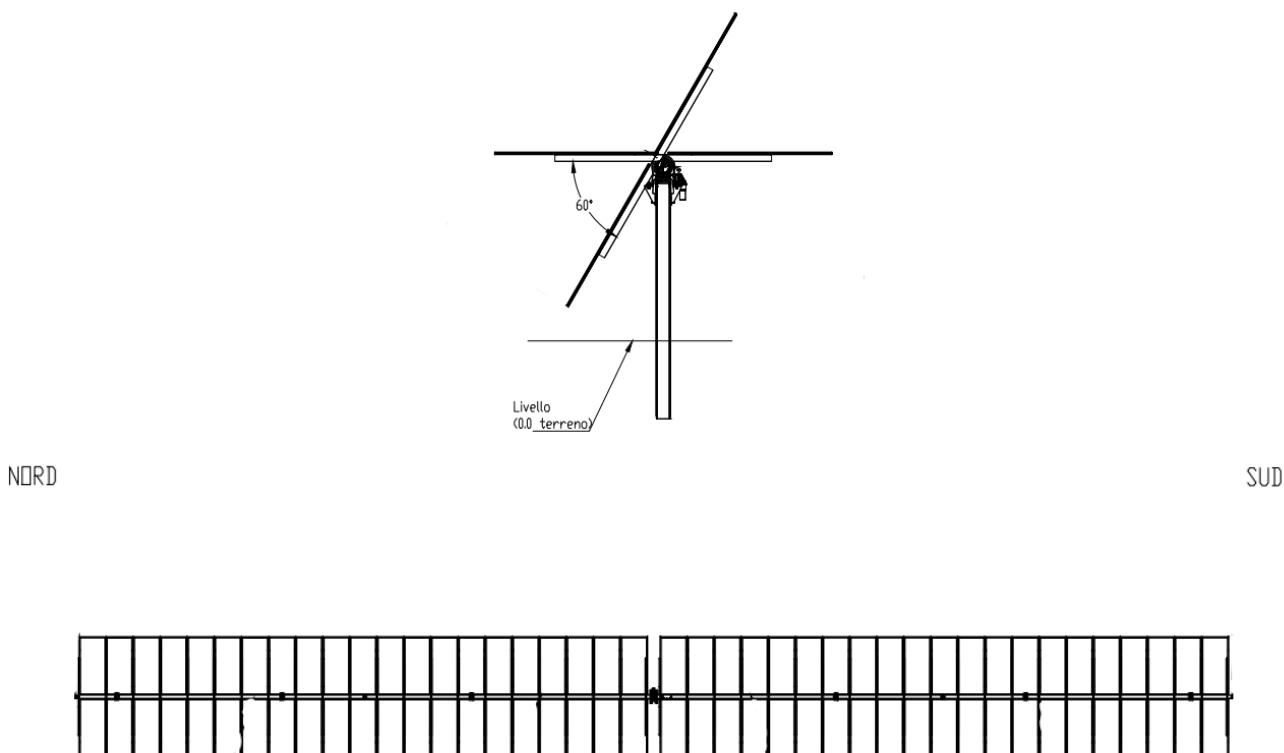
FIG. 2 – MISURE SITO

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 11.2m sono infissi nel terreno per metri 7.0m 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



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.

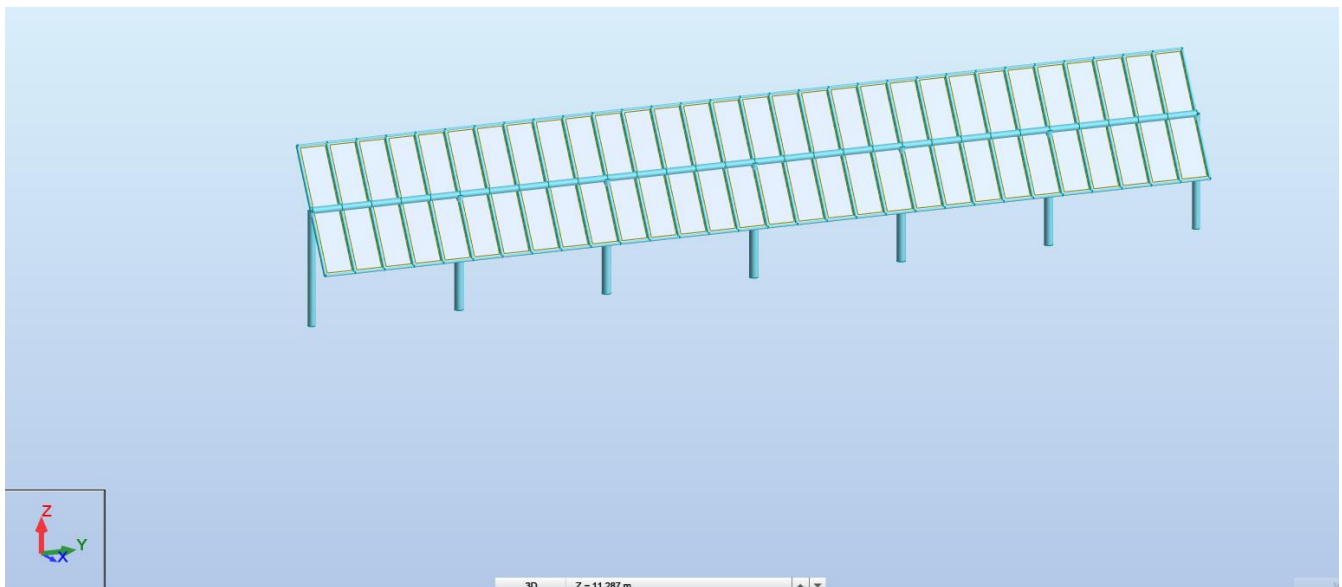


FIG. 3 –STRUTTURA A SOSTEGNO DEI TRACKER – 3D MODELLO DI CALCOLO

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

Acciaio per profilati, piatti, lamiere

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

- $f_{yk} = 275 \text{ MPa}$ ($t \leq 40 \text{ mm}$) tensione caratteristica a snervamento
- $f_{tk} = 430 \text{ MPa}$ ($t \leq 40 \text{ mm}$) tensione caratteristica a rottura
- $f_{yk} = 255 \text{ MPa}$ ($40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$) tensione caratteristica a snervamento
- $f_{tk} = 410 \text{ MPa}$ ($40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$) tensione caratteristica a rottura
- $E = 210000 \text{ MPa}$ modulo elastico longitudinale
- $A_{min} \geq 21\%$ allungamento a rottura
- $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ coefficiente di espansione termica lineare (fino a 100°C)
- $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ densità

Bulloni, dadi e rondelle

Tutti i bulloni saranno galvanizzati a caldo.

Tutte le unioni dovranno essere non precaricate con l'utilizzo di bulloni "non a serraggio controllato" (UNI EN 15048-1). Bulloni, dadi e rosette nelle connessioni "non precaricate" dovranno essere in accordo alla norma UNI EN 15048-1:2007 "Bulloneria Strutturale non a serraggio controllato".

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

Tab. 11.3.XIII a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8		
8.8	8 oppure 10	100 HV min. oppure 300 HV min.	
10.9	10 oppure 12		

I bulloni possono essere in accordo alle UNI EN ISO 4014 e 4016 (gambo parzialmente filettato). Non sono ammessi bulloni con gambo interamente filettato. I bulloni non precaricati devono avere un tratto non filettato di lunghezza tale che le sezioni di taglio (tra un elemento collegato e l'altro) rientrino in tale tratto.

Si prevede l'utilizzo di bulloni in acciaio classe 8.8 - UNI EN ISO 898-1

$f_{yk}=640$ MPa tensione caratteristica a snervamento

$f_{tk}=800$ MPa tensione caratteristica a rottura

Si prevede l'utilizzo di dadi in acciaio:

classe 8 – UNI EN ISO 898-2

Si prevede l'utilizzo di rosette in acciaio:

durezza 100 HV min.

Saldature

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063.

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	peso Proprio	Permanenti
2	G2	Permanente	Perm.Non-str.
3	Wx	Wx	Vento
4	Wy	Wy	Vento

Peso proprio strutture (G1)

Il peso proprio della struttura è stato valutato con il seguente peso specifico:

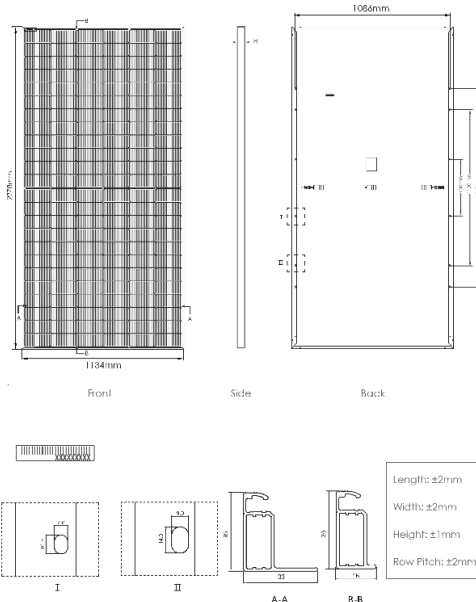
- Peso dell'acciaio $\gamma_s = 78.5$ kN/m³

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:

Engineering Drawings

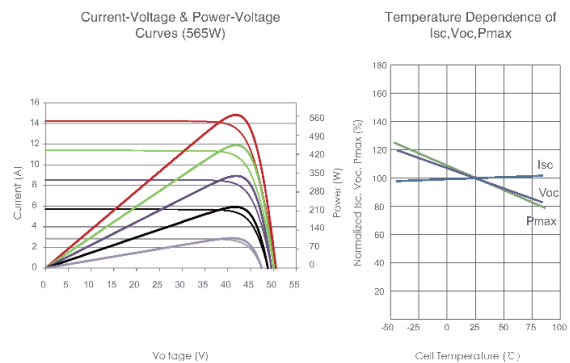


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 {6×24}
Dimensions	2278×1134×35mm {89.69×44.65×1.38 inch}
Weight	28 kg {61.73 lbs}
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

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: Cerea (VR);
 Regione: Veneto
 Zona: 1 (vb,0 = 25 m/s, a0 = 1000 m, ks=0.40).

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

Ove:

$$C_a = 1 \quad \text{per } a_s < a_0$$

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

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

Altitudine: $a_s = 288 \text{ m s.l.m.} < a_0 = 1000 \text{ m}$

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

Velocità di riferimento

$$v_r = v_b \cdot C_r = 25.0 \text{ m/s} \quad (Tr=50 \text{ anni} \Rightarrow C_r=1)$$

Pressione cinetica di riferimento

$$q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 391 \text{ N/m}^2$$

Coefficiente di esposizione:

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

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

$c_t = 1$

coefficiente di topografia

Coefficiente di esposizione minimo

$C_{e,\min}$ 1.800 $Z \leq 4\text{m}$

Coefficiente di esposizione al colmo

$C_{e, 6.3\text{m}}$ 2.07 $Z = 6.3\text{m}$

$c_e = 2.07$

(per $z_{\text{colmo}} = 6.3 \text{ m}$)

$$q = q_b \cdot c_e = 391 \cdot 2.07 = 0.81 \text{ N/m}^2 = 0.81 \text{ kN/m}^2$$

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

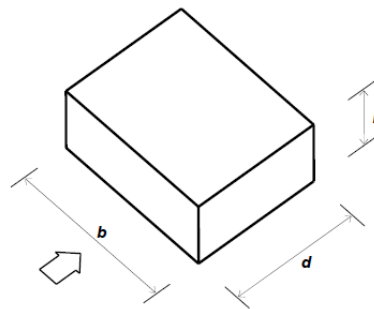


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

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

Faccia sopravento	Facce laterali	Faccia sottovento
$h/d \leq 1$: $c_{pe} = 0.7 + 0.1 \cdot h/d$ $h/d > 1$: $c_{pe} = 0.8$	$h/d \leq 0.5$: $c_{pe} = -0.5 - 0.8 \cdot h/d$ $h/d > 0.5$: $c_{pe} = -0.9$	$h/d \leq 1$: $c_{pe} = -0.3 - 0.2 \cdot h/d$ $1 < h/d \leq 5$: $c_{pe} = -0.5 - 0.05 \cdot (h/d - 1)$

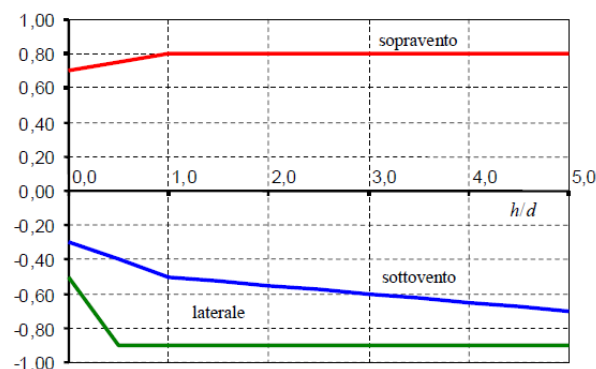


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali.

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

$$P = 0.85 \text{ kN/m}^2$$

Carico da Neve (N)

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

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

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

Zona di carico della neve II

$$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare $a_s = 8\text{m} \leq 200\text{m}$

Coefficiente di esposizione $C_E = 1.0$

Coefficiente termico $C_t = 0.9$

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

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

Azione Sismica (E)

Il comune di Cerea (VR) è classificato a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

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

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

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

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

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

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

COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico prese in considerazione sono quelle previste dal D.M. 17/01/18 par. 2.5.3 considerando i coefficienti in tab. 2.5.I e 2.6.I:

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLF), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

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

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

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

$$G_1 + G_2 + P + A_1 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum \psi_{2i} Q_{ki} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{k4} 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 γ_r	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli	γ_{G1}	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(4)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli	γ_{G2}	1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli	γ_{Q1}	1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ 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	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

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

Combinazioni SLU-A1

$$1.3G1 + 1.5G2 \pm 1.5W$$

$$1.0 G1 + 0.8G2 \pm 1.5W$$

Combinazioni SLE Rare

1.0 G1 + 1.0G2 ± 1.0W

PROGRAMMA DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

consistono in verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificati, etc..

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

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

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

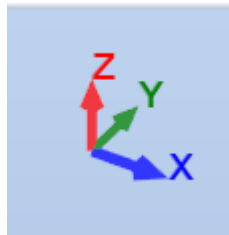


FIG. 4 — SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE MODELLO 3D

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

Unità di misura utilizzate : kN, kNm

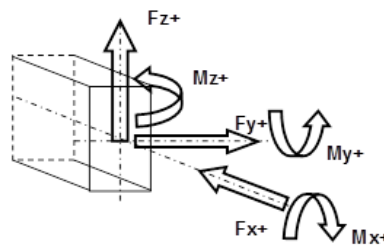
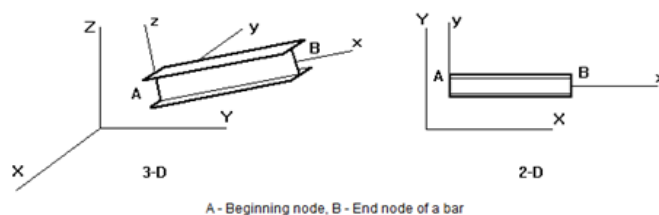


FIG. 5 — SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE ELEMENTI FINITI MONODIMENSIONALI (BARRE)

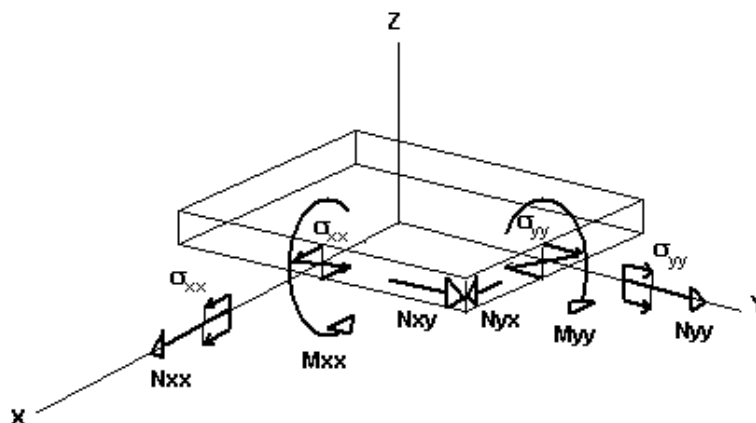


FIG. 6 –SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE ELEMENTI FINITI BIDIMENSIONALI

MODELLO DI CALCOLO

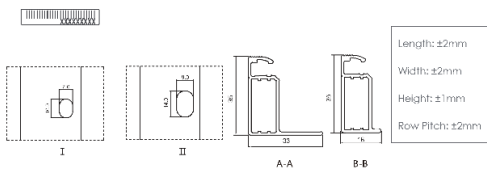
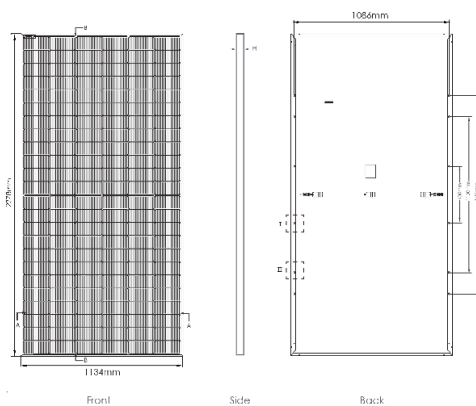
La struttura oggetto del presente report viene calcolata mediante l'ausilio di un software di calcolo FEM dove le aste vengono modellate con elementi "beam".

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

Engineering Drawings

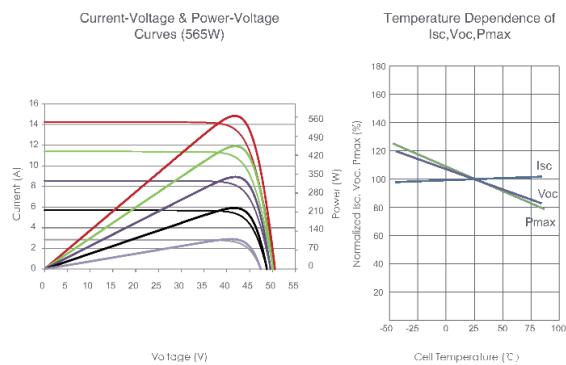


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 {6×24}
Dimensions	2278×1134×35mm (89.69×44.65×1.38 inch)
Weight	28 kg (61.73 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

FIG. 7 –DATASHEET MODULI PV

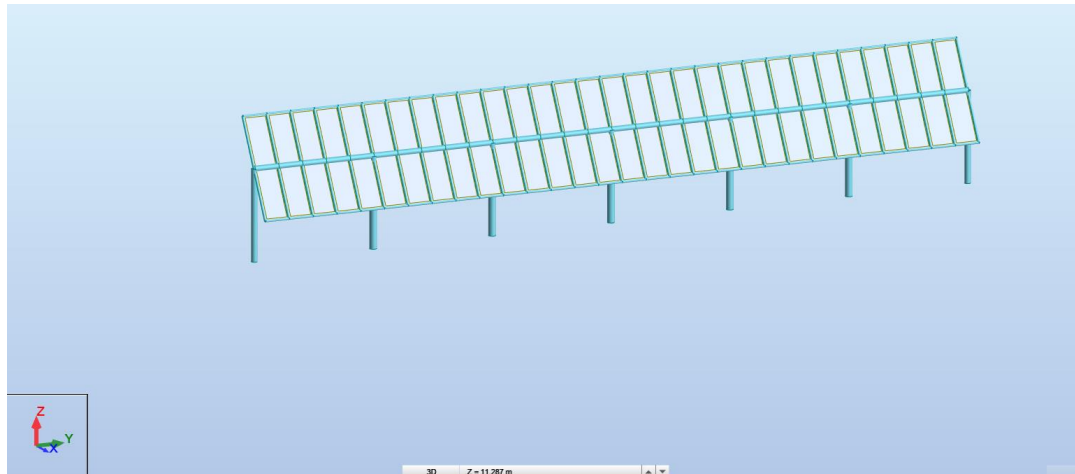


FIG. 8 – VISTA 3D DEL MODELLO DI CALCOLO

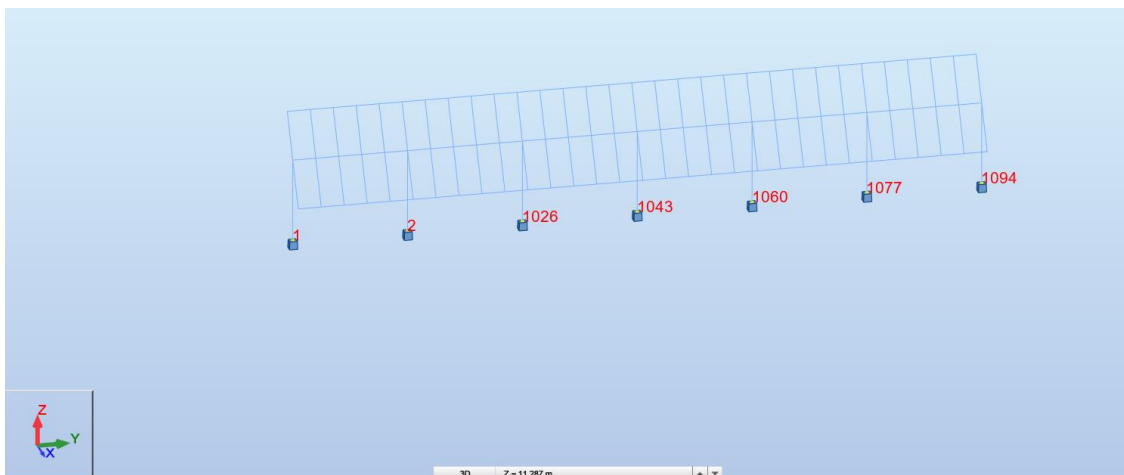


FIG. 9 – NODI CON VINCOLI ALLA BASE

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	5,750	0,0	Incastro
101	1,200	0,0	2,100	
102	-1,200	0,0	6,300	
103	-1,200	1,150	6,300	
104	1,200	1,150	2,100	
1001	0,0	0,0	4,200	
1002	0,0	1,150	4,200	
1006	0,0	5,750	4,200	
1007	-1,200	2,300	6,300	
1008	1,200	2,300	2,100	
1009	0,0	2,300	4,200	
1010	-1,200	3,450	6,300	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1011	1,200	3,450	2,100	
1012	0,0	3,450	4,200	
1013	-1,200	4,600	6,300	
1014	1,200	4,600	2,100	
1015	0,0	4,600	4,200	
1016	-1,200	5,750	6,300	
1017	1,200	5,750	2,100	
1019	-1,200	6,900	6,300	
1020	1,200	6,900	2,100	
1021	0,0	6,900	4,200	
1022	-1,200	8,050	6,300	
1023	1,200	8,050	2,100	
1024	0,0	8,050	4,200	
1025	-1,200	9,200	6,300	
1026	0,0	11,500	0,0	Incastro
1027	0,0	11,500	4,200	
1028	1,200	9,200	2,100	
1029	0,0	9,200	4,200	
1030	-1,200	10,350	6,300	
1031	1,200	10,350	2,100	
1032	0,0	10,350	4,200	
1033	-1,200	11,500	6,300	
1034	1,200	11,500	2,100	
1036	-1,200	12,650	6,300	
1037	1,200	12,650	2,100	
1038	0,0	12,650	4,200	
1039	-1,200	13,800	6,300	
1040	1,200	13,800	2,100	
1041	0,0	13,800	4,200	
1042	-1,200	14,950	6,300	
1043	0,0	17,250	0,0	Incastro
1044	0,0	17,250	4,200	
1045	1,200	14,950	2,100	
1046	0,0	14,950	4,200	
1047	-1,200	16,100	6,300	
1048	1,200	16,100	2,100	
1049	0,0	16,100	4,200	
1050	-1,200	17,250	6,300	
1051	1,200	17,250	2,100	
1053	-1,200	18,400	6,300	
1054	1,200	18,400	2,100	
1055	0,0	18,400	4,200	
1056	-1,200	19,550	6,300	
1057	1,200	19,550	2,100	

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Vincoli
1058	0,0	19,550	4,200	
1059	-1,200	20,700	6,300	
1060	0,0	23,000	0,0	Incastro
1061	0,0	23,000	4,200	
1062	1,200	20,700	2,100	
1063	0,0	20,700	4,200	
1064	-1,200	21,850	6,300	
1065	1,200	21,850	2,100	
1066	0,0	21,850	4,200	
1067	-1,200	23,000	6,300	
1068	1,200	23,000	2,100	
1070	-1,200	24,150	6,300	
1071	1,200	24,150	2,100	
1072	0,0	24,150	4,200	
1073	-1,200	25,300	6,300	
1074	1,200	25,300	2,100	
1075	0,0	25,300	4,200	
1076	-1,200	26,450	6,300	
1077	0,0	28,750	0,0	Incastro
1078	0,0	28,750	4,200	
1079	1,200	26,450	2,100	
1080	0,0	26,450	4,200	
1081	-1,200	27,600	6,300	
1082	1,200	27,600	2,100	
1083	0,0	27,600	4,200	
1084	-1,200	28,750	6,300	
1085	1,200	28,750	2,100	
1087	-1,200	29,900	6,300	
1088	1,200	29,900	2,100	
1089	0,0	29,900	4,200	
1090	-1,200	31,050	6,300	
1091	1,200	31,050	2,100	
1092	0,0	31,050	4,200	
1093	-1,200	32,200	6,300	
1094	0,0	34,500	0,0	Incastro
1095	0,0	34,500	4,200	
1096	1,200	32,200	2,100	
1097	0,0	32,200	4,200	
1098	-1,200	33,350	6,300	
1099	1,200	33,350	2,100	
1100	0,0	33,350	4,200	
1101	-1,200	34,500	6,300	
1102	1,200	34,500	2,100	

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	101a106 1019a1023 1026a1030 1033a1037 1040a1044 1048a1052 1055a1060 1063a1067 1070a1074 1 2 1016 1076a1080 1084a1088 1091a1096 1099a1103 1106a1110 1112a1116 1120a1124 1127a1132 1135a1139 1142a1146 1148a1152 1156a1160 1163a1168 1171a1175 1178a1182 1184a1188 1192a1196 1199a1204 1207a1211 1214a1218 1220a1284	' PZ Negativo Coeff.=1,15
2:G2	(EF) uniformi	1225a1284	' PZ=-0,120(kN/m2)
3:Wx	(EF) uniformi	1225a1284	' PX=0,85(kN/m2)
4:Wy	(EF) uniformi	1225a1284	' PY=0,017(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).

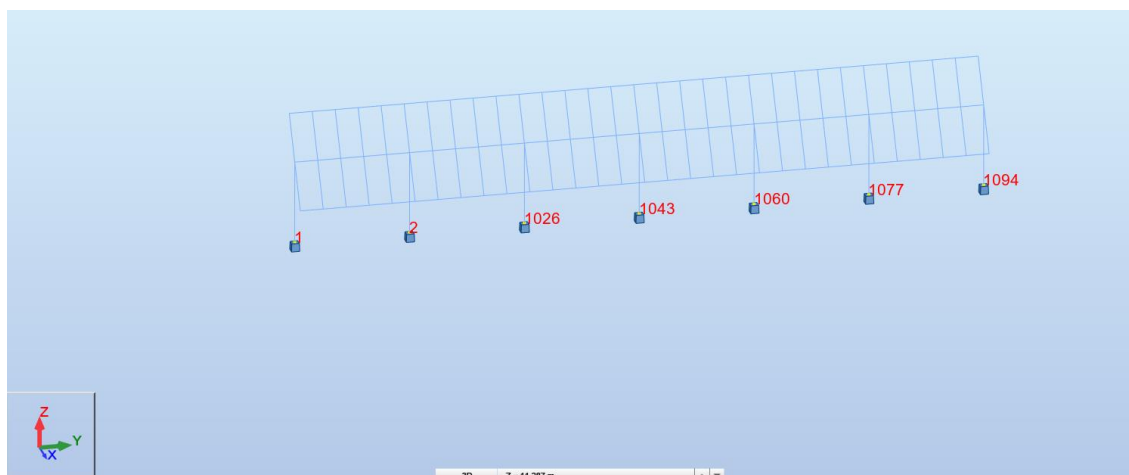


FIG. 10 – NUMERAZIONE DEI NODI CON VINCOLO ALLA BASE DELLA STRUTTURA

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	0,012	-0,012	2,846	0,017	0,048	-0,030
1/ 2	-0,048	1,836	0,142	-7,007	-0,194	0,283
1/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/ 4	-11,817	-0,437	0,023	1,237	-49,741	0,141
1/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2/ 1	-0,010	0,001	4,650	-0,002	-0,041	0,002
2/ 2	-0,019	3,271	0,017	-12,962	-0,082	0,305
2/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2/ 4	-23,621	-0,468	-0,056	1,838	-99,126	-0,021
2/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1026/ 1	-0,001	0,000	4,625	-0,001	-0,006	0,000
1026/ 2	-0,001	3,271	0,002	-12,961	-0,006	0,305
1026/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1026/ 4	-23,656	-0,460	0,004	1,830	-99,330	-0,040
1026/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1043/ 1	-0,001	-0,000	4,624	0,000	-0,003	-0,000
1043/ 2	0,000	3,271	-0,000	-12,961	0,000	0,305
1043/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1043/ 4	-23,650	-0,463	0,012	1,836	-99,320	-0,043
1043/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1060/ 1	-0,001	-0,000	4,625	0,001	-0,006	-0,000
1060/ 2	0,001	3,271	-0,002	-12,961	0,006	0,305
1060/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1060/ 4	-23,656	-0,466	0,004	1,842	-99,332	-0,047
1060/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1077/ 1	-0,010	-0,001	4,650	0,002	-0,041	-0,002
1077/ 2	0,019	3,271	-0,017	-12,962	0,082	0,305
1077/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1077/ 4	-23,626	-0,459	-0,051	1,834	-99,149	-0,065
1077/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1094/ 1	0,012	0,012	2,846	-0,017	0,048	0,030
1094/ 2	0,048	1,836	-0,142	-7,007	0,194	0,283
1094/ 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1094/ 4	-11,830	-0,083	0,064	0,748	-49,796	-0,221
1094/ 5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

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	89.06	89.06	0.64	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
2 Colonna 1-1_2	TRON 323x7.1	S 275	74.98	74.98	0.80	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1057 Colonna 1-1_1057	TRON 323x7.1	S 275	74.98	74.98	0.80	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1093 Colonna 1-1_1093	TRON 323x7.1	S 275	74.98	74.98	0.80	8 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1129 Colonna 1-1_1129	TRON 323x7.1	S 275	74.98	74.98	0.80	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx
1165 Colonna 1-1_1165	TRON 323x7.1	S 275	74.98	74.98	0.80	7 1.0G1+1.0G2+1.0Q+1.5Wx

Barra	Profilato	Materiale	Lay	Laz	Resist.	Condizione
1201 Colonna 1-1_1201	TRON 273x6.3	S 275	89.06	89.06	0.64	9 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Wx

OPERE IN CEMENTO ARMATO

OGGETTO

La presente relazione definisce i criteri di calcolo necessari alla progettazione della struttura di fondazione della locali SW Station e del sistema trasformatore/inverter.

Nella figura seguente si riporta il layout:



FIG. 11 - 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 sistema inverter/trasformatore poggia su una platea di fondazione di dimensioni pari a 7.0mx3.5m 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	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG	FUN
	SLD	RIG	RIG			RES	
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	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 (duttibilità) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

Le seguenti normative italiane saranno applicate:

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

Cemento armato:

- UNI EN 206 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206”
- UNI 11417 “Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo”
- UNI EN 12350 “Prova sul calcestruzzo fresco”
- UNI EN 12390 “Prove sul calcestruzzo indurito”
- UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture di calcestruzzo”
- UNI EN 197 “Cemento”
- UNI EN 480 “Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova”
- UNI EN 932 “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati”
- UNI EN 933 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati”
- UNI EN 1008 “Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di 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 ≤ 0.6

Minimo contenuto in cemento $\geq 280 \text{ kg/m}^2$

Classe di consistenza $\geq S4$

Copriferro (fondazioni) 50 mm

Acciaio per cemento armato

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

Barre ad aderenza migliorata e Rete Elettrosaldata

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

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

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

Le giunzioni delle barre con saldatura non sono permesse

CARICHI ELEMENTARI

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

LISTA CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

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

CARICHI CABINATI

Per poter effettuare il dimensionamento della fondazione della SW Station, dei quadri di campo, dei trasformatori e dell'inverter, 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:

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

SINACON PV series Technical data				
Storage, transportation and operation				
Temperature	-40°C ... +60°C			
Relative humidity	0% ... 100%			
Maximum altitude of installation site without derating	< 1,500 m above MSL			
Cooling				
Cooling method	Forced cooling by means of fans and liquid cooling			
Applicable standards and conformity				
BDEW (Germany)	BDEW Guideline, FGW TG3, TG4 and TG8			
IEC 61683 (efficiency)	IEC 61683: 1999			
IEC 62116 (anti islanding)	IEC 62116: 2014 (at 50 Hz)			
EMC Emission	IEC 61000-6-4: 2007 + A1: 2011			
EMC Immunity	IEC 61000-6-2: 2005			
Electrical Safety	IEC 62109-1: 2010, IEC 62109-2: 2011, IP65 according to IEC 60529: 1989			
Degree of protection: IP65 (cabinet only)	IEC 60529			
General data				
Control strategy	MPPT			
Efficiency (PV 5000)	(97.6 98.5 98.9 98.9 99.0 98.9 98.8 98.7)% For (5 10 20 25 30 50 75 100)% power at 1,006 V _{dc} without self-consumption for cooling			
EU and CEC efficiency	98.8% Without internal consumption			
Infeed starts from	260 W ... 2,500 W Depending on cooling			
Standby loss	80 W ... 150 W –			
Max. self-consumption for cooling	5,000 W Without cabinet heating			
Mechanical data				
Mounting position	Vertical –			
Type of mounting	Floor mounting –			
				
Number of Power Units	1	2	3	4
SINACON PV series	PV1000 ... PV1250	PV2000 ... PV2500	PV3000 ... PV3750	PV4000 ... PV5000
Dimensions (without pallet, with heat exchanger); (W x H x D)	2,120 x 3,760 x 1,170 mm		3,690 x 3,760 x 1,170 mm	
Weight ¹⁾	< 1,600 kg	< 2,200 kg	< 3,300 kg	< 3,900 kg
Color	RAL 7035			

FIG. 12 – DATASHEET SISTEMA INVERTER/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:

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

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

Zona di carico della neve II

$$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare $a_s = 8 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$

Coefficiente di esposizione $C_E = 1.0$

Coefficiente termico $C_t = 0.9$

Coefficiente di forma $\mu_1 = 0.8$

$$q_s = 0.8 \text{ kN/m}^2$$

Carico del vento (W_x +/ W_x -/ W_y +/ W_y -)

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: Cerea (VR);

Regione: Veneto

Zona: 1 ($v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$, $a_0 = 1000 \text{ m}$, $k_s = 0.40$).

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

Ove:

$$C_a = 1 \quad \text{per } a_s < a_0$$

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

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

Altitudine: $a_s = 8 \text{ m s.l.m.} < a_0 = 1000 \text{ m}$

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

Velocità di riferimento $v_r = v_b \cdot C_r = 25.0 \text{ m/s}$ ($T_r = 50 \text{ anni} \Rightarrow C_r = 1$)

Pressione cinetica di riferimento $q_r = 0.5 \cdot v_r^2 \cdot 1.25 = 391 \text{ N/m}^2$

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

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

$C_t = 1$ coefficiente di topografia

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

$$C_e = 1.80 \quad (\text{per } z \leq 4 \text{ m}) \quad q = q_b \cdot C_e = 490 \cdot 1.80 = 890 \text{ N/m}^2 = 0.89 \text{ kN/m}^2$$

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

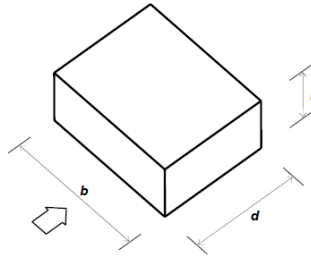


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

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

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

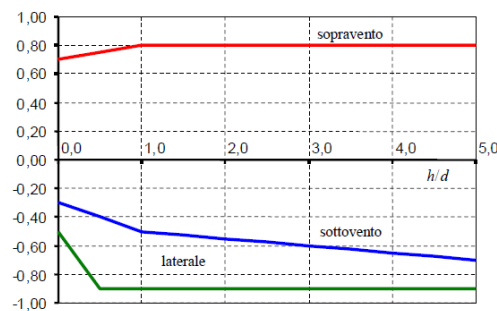


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravvento, sottovento e laterali.

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 Cerea (VR) è classificato a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

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

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

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

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

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

Per la struttura qui esaminata si è assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

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

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

$$T_R = 60 \text{ anni} \quad \text{stato limite di operatività (SLO)}$$

$$T_R = 101 \text{ anni} \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$T_R = 949$ anni stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

$T_R = 1950$ anni stato limite di collasso (SLC)

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

☐ Ricerca per coordinate
LONGITUDINE 11,2113
LATITUDINE 45,193

☒ Ricerca per comune
REGIONE Veneto
PROVINCIA Verona
COMUNE Cerea

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Parametri di pericolosità Sismica				
	T_r	a_g	F_o	T^*_c
"Stato Limite"	[anni]	[g]	[-]	[s]
Operatività	30	0,032	2,523	0,216
Danno	50	0,038	2,56	0,26
Salvaguardia Vita	475	0,089	2,59	0,306
Prevenzione Collasso	975	0,113	2,585	0,316

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

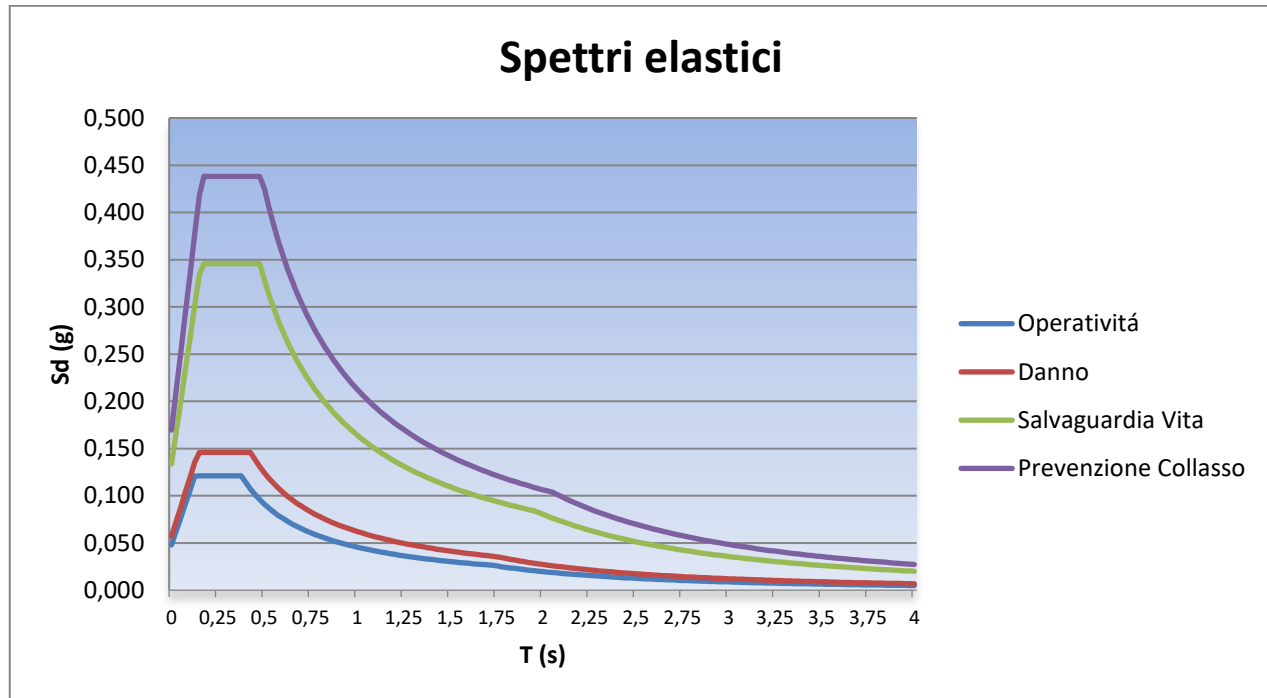
$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot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

Dove:

- a_g : Accelerazione orizzontale massima al sito;
- S : Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche $S = S_S \times S_T$;
- S_S : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

- ST: Coefficiente di amplificazione topografica;
- η : Damping;
- F0: Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido;
- TB, TC*, TC, TD. periodi caratteristici dello spettro in funzione della categoria di sottosuolo

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



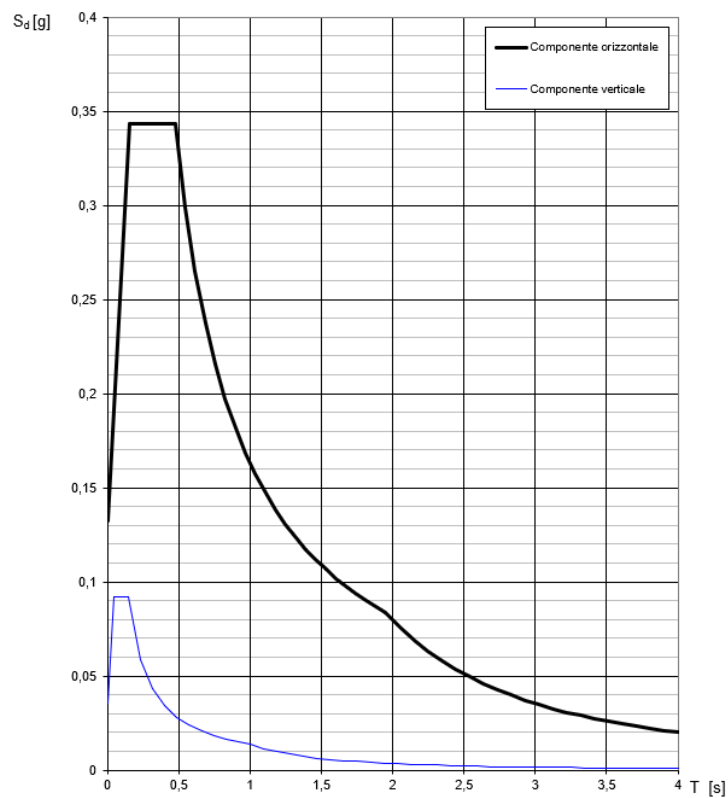
Considerando la tabella seguente per la classificazione stratigrafica e topografica del sito

Categoria di profilo stratigrafico	C
Categoria Topografica:	T1

Stato limite di Salvaguardia della vita (SLV)

ORIZZONTALE					
Ss	Cc	S	TB	TC	TD
1.500	1.552	1.500	0.158	0.475	1.953

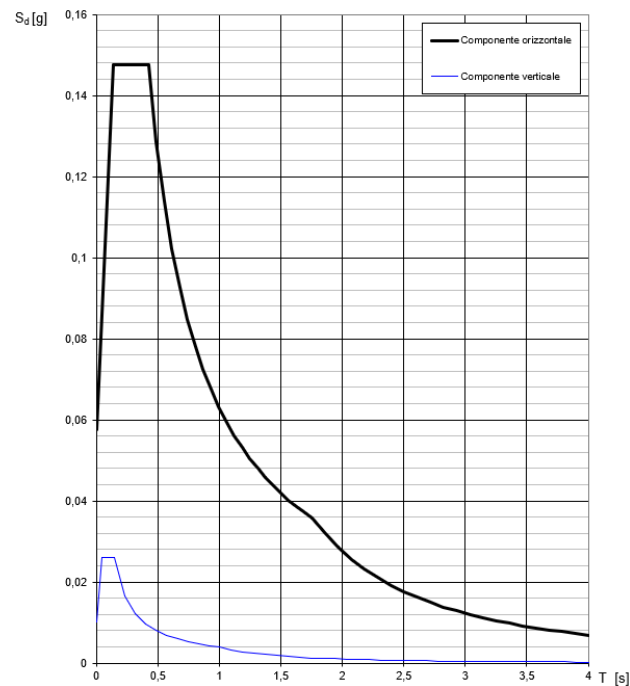
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Stato limite di Danno (SLD)

ORIZZONTALE					
Ss	Cc	S	TB	TC	TD
1.500	1.637	1.500	0.142	0.426	1.754

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



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

COEFFICIENTI DI PARTECIPAZIONE DELLE MASSE

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

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

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

Reazioni Vincolari SW Station

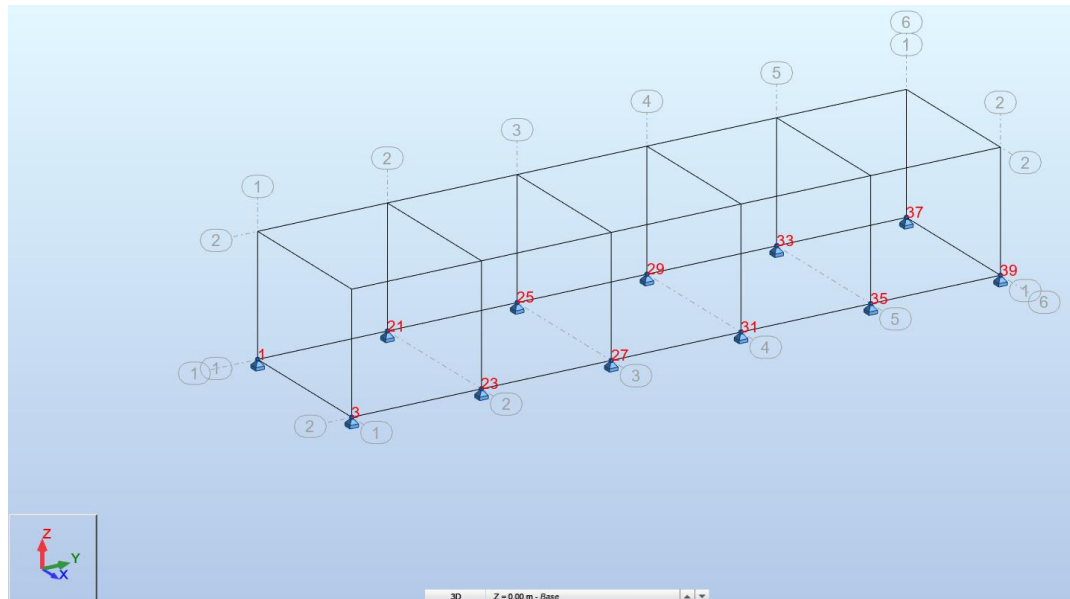


FIG. 13 – NODI CONTAINER

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/	-4,39	-0,57	-5,17
1/ 6/	3,47	0,27	0,63
1/ 7/	-0,83	-2,60	-3,43
1/ 8/	-0,08	2,30	-1,10
1/ 9/	0,40	1,79	2,84
1/ 11/ CQC	0,14	0,00	0,21
1/ 12/ CQC	0,32	0,00	0,47
1/ 13/ CQC	0,00	0,18	0,28
1/ 14/ CQC	0,00	0,39	0,64
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/	-3,47	0,27	0,63
3/ 6/	4,39	-0,57	-5,17
3/ 7/	0,83	-2,60	-3,43
3/ 8/	0,08	2,30	-1,10
3/ 9/	-0,40	1,79	2,84
3/ 11/ CQC	0,14	0,00	0,21
3/ 12/ CQC	0,32	0,00	0,47
3/ 13/ CQC	0,00	0,18	0,28
3/ 14/ CQC	0,00	0,39	0,64
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/	-8,85	0,18	-10,96
21/ 6/	6,91	-0,13	1,23
21/ 7/	-0,93	-1,30	-4,47
21/ 8/	-1,01	1,35	-5,26
21/ 9/	0,46	1,51	-1,56
21/ 11/ CQC	0,21	0,00	0,33
21/ 12/ CQC	0,47	0,00	0,74
21/ 13/ CQC	0,00	0,23	0,08
21/ 14/ CQC	0,00	0,52	0,19
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/	-6,91	-0,13	1,23
23/ 6/	8,85	0,18	-10,96
23/ 7/	0,93	-1,30	-4,47
23/ 8/	1,01	1,35	-5,26
23/ 9/	-0,46	1,51	-1,56
23/ 11/ CQC	0,21	0,00	0,33
23/ 12/ CQC	0,47	0,00	0,74
23/ 13/ CQC	0,00	0,23	0,08
23/ 14/ CQC	0,00	0,52	0,19
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/	-8,90	0,00	-10,83
25/ 6/	6,96	-0,01	1,36
25/ 7/	-0,97	-1,03	-4,82
25/ 8/	-0,97	1,02	-4,65
25/ 9/	0,47	0,46	-0,44
25/ 11/ CQC	0,24	0,00	0,37
25/ 12/ CQC	0,54	0,00	0,82
25/ 13/ CQC	0,00	0,22	0,02
25/ 14/ CQC	0,00	0,50	0,04
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/	-6,96	-0,01	1,36
27/ 6/	8,90	0,00	-10,83
27/ 7/	0,97	-1,03	-4,82
27/ 8/	0,97	1,02	-4,65
27/ 9/	-0,47	0,46	-0,44
27/ 11/ CQC	0,24	0,00	0,37
27/ 12/ CQC	0,54	0,00	0,82
27/ 13/ CQC	0,00	0,22	0,02
27/ 14/ CQC	0,00	0,50	0,04
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/	-8,90	-0,00	-10,83
29/ 6/	6,96	0,01	1,36
29/ 7/	-0,97	-1,02	-4,65
29/ 8/	-0,97	1,03	-4,82
29/ 9/	0,47	-0,46	-0,44
29/ 11/ CQC	0,24	0,00	0,37
29/ 12/ CQC	0,54	0,00	0,82
29/ 13/ CQC	0,00	0,22	0,02
29/ 14/ CQC	0,00	0,50	0,04
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/	-6,96	0,01	1,36
31/ 6/	8,90	-0,00	-10,83
31/ 7/	0,97	-1,02	-4,65
31/ 8/	0,97	1,03	-4,82
31/ 9/	-0,47	-0,46	-0,44
31/ 11/ CQC	0,24	0,00	0,37
31/ 12/ CQC	0,54	0,00	0,82
31/ 13/ CQC	0,00	0,22	0,02
31/ 14/ CQC	0,00	0,50	0,04
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

Nodi Container Inverter/trasformatore

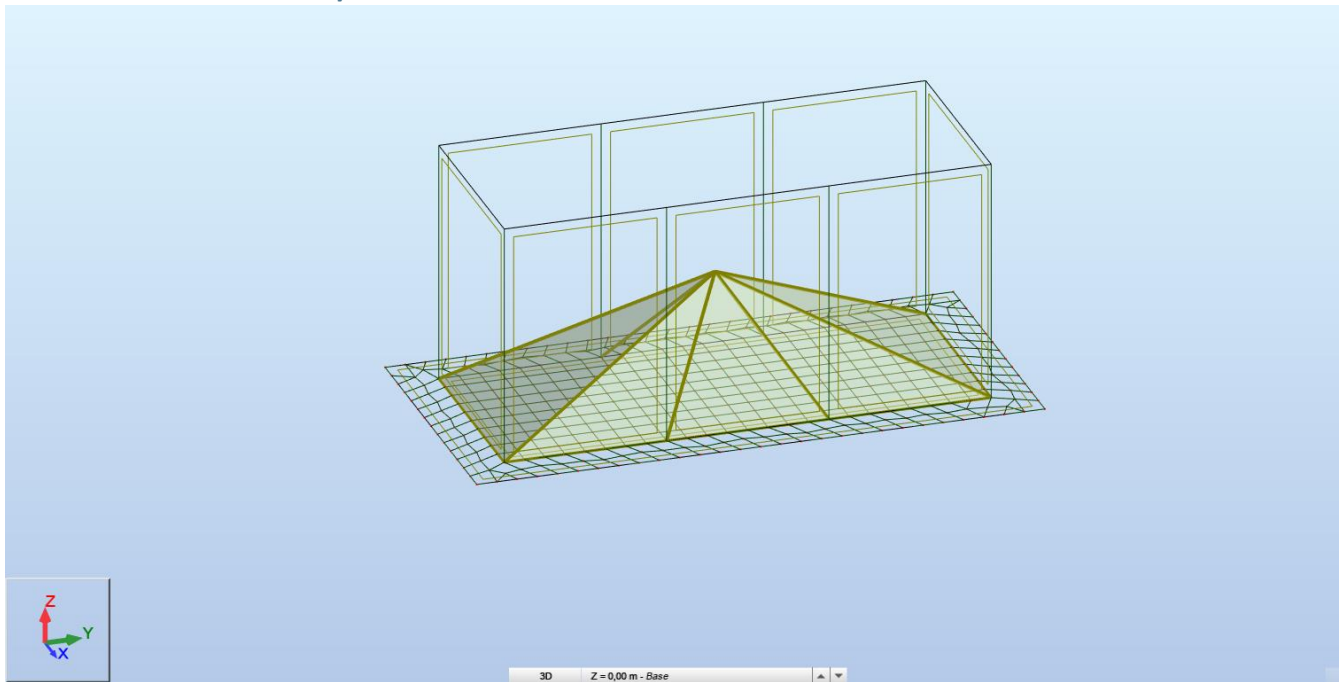


FIG. 14 – NODI CONTAINER TRASFORMATORE/INVERTER

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)	Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,0	149	1,50	4,25	0,0	306	0,0	-0,50	0,0
2	0,0	0,0	3,00	150	1,50	4,50	0,0	307	-0,13	-0,25	0,0
3	0,0	2,00	0,0	151	1,50	4,75	0,0	310	1,89	6,21	0,0
4	0,0	2,00	3,00	152	1,50	5,00	0,0	311	-0,25	0,40	0,0
5	0,0	4,00	0,0	153	1,50	5,25	0,0	314	0,25	-0,50	0,0
6	0,0	4,00	3,00	154	1,50	5,50	0,0	315	0,38	-0,25	0,0
7	0,0	6,00	0,0	155	1,50	5,75	0,0	316	0,13	-0,22	0,0
8	0,0	6,00	3,00	156	1,75	0,25	0,0	317	1,50	6,50	0,0
9	2,50	6,00	0,0	157	1,75	0,50	0,0	318	1,65	6,25	0,0
10	2,50	6,00	3,00	158	1,75	0,75	0,0	319	1,75	6,50	0,0
11	2,50	4,00	0,0	159	1,75	1,00	0,0	321	-0,28	1,13	0,0
12	2,50	4,00	3,00	160	1,75	1,25	0,0	322	-0,25	0,88	0,0
13	2,50	2,00	0,0	161	1,75	1,50	0,0	324	-0,50	1,00	0,0
14	2,50	2,00	3,00	162	1,75	1,75	0,0	325	-0,50	0,75	0,0
15	2,50	0,0	0,0	163	1,75	2,00	0,0	326	-0,28	2,38	0,0
16	2,50	0,0	3,00	164	1,75	2,25	0,0	327	-0,25	2,13	0,0
17	0,25	0,25	0,0	165	1,75	2,50	0,0	329	-0,25	1,38	0,0
18	1,25	3,00	1,50	166	1,75	2,75	0,0	330	-0,50	1,50	0,0
19	0,50	0,25	0,0	167	1,75	3,00	0,0	331	-0,50	1,25	0,0
20	0,50	0,50	0,0	168	1,75	3,25	0,0	332	-0,25	1,65	0,0
21	0,25	0,50	0,0	169	1,75	3,50	0,0	334	-0,50	2,25	0,0
22	0,50	0,75	0,0	170	1,75	3,75	0,0	335	-0,50	2,50	0,0
23	0,25	0,75	0,0	171	1,75	4,00	0,0	336	-0,50	2,00	0,0
24	0,50	1,00	0,0	172	1,75	4,25	0,0	337	-0,21	1,89	0,0
25	0,25	1,00	0,0	173	1,75	4,50	0,0	338	-0,50	1,75	0,0
26	0,50	1,25	0,0	174	1,75	4,75	0,0	339	0,63	-0,22	0,0
27	0,25	1,25	0,0	175	1,75	5,00	0,0	340	0,50	-0,50	0,0

28	0,50	1,50	0,0	176	1,75	5,25	0,0	341	-0,25	2,63	0,0
29	0,25	1,50	0,0	177	1,75	5,50	0,0	342	-0,50	2,75	0,0
30	0,50	1,75	0,0	178	1,75	5,75	0,0	344	1,13	-0,22	0,0
31	0,25	1,75	0,0	179	2,00	0,25	0,0	346	-0,21	0,64	0,0
32	0,50	2,00	0,0	180	2,00	0,50	0,0	350	-0,50	0,50	0,0
33	0,25	2,00	0,0	181	2,00	0,75	0,0	352	2,79	3,64	0,0
34	0,50	2,25	0,0	182	2,00	1,00	0,0	353	2,75	3,88	0,0
35	0,25	2,25	0,0	183	2,00	1,25	0,0	354	0,75	-0,50	0,0
36	0,50	2,50	0,0	184	2,00	1,50	0,0	355	0,88	-0,25	0,0
37	0,25	2,50	0,0	185	2,00	1,75	0,0	356	1,00	-0,50	0,0
38	0,50	2,75	0,0	186	2,00	2,00	0,0	357	3,00	3,50	0,0
39	0,25	2,75	0,0	187	2,00	2,25	0,0	358	3,00	3,75	0,0
40	0,50	3,00	0,0	188	2,00	2,50	0,0	359	1,25	-0,50	0,0
41	0,25	3,00	0,0	189	2,00	2,75	0,0	360	1,38	-0,25	0,0
42	0,50	3,25	0,0	190	2,00	3,00	0,0	361	3,00	2,25	0,0
43	0,25	3,25	0,0	191	2,00	3,25	0,0	362	2,79	2,39	0,0
44	0,50	3,50	0,0	192	2,00	3,50	0,0	363	2,75	2,15	0,0
45	0,25	3,50	0,0	193	2,00	3,75	0,0	365	2,75	3,40	0,0
46	0,50	3,75	0,0	194	2,00	4,00	0,0	370	-0,28	2,88	0,0
47	0,25	3,75	0,0	195	2,00	4,25	0,0	371	-0,25	3,13	0,0
48	0,50	4,00	0,0	196	2,00	4,50	0,0	372	-0,50	3,00	0,0
49	0,25	4,00	0,0	197	2,00	4,75	0,0	373	-0,28	3,38	0,0
50	0,50	4,25	0,0	198	2,00	5,00	0,0	374	-0,25	3,63	0,0
51	0,25	4,25	0,0	199	2,00	5,25	0,0	375	-0,50	3,50	0,0
52	0,50	4,50	0,0	200	2,00	5,50	0,0	376	1,50	-0,50	0,0
53	0,25	4,50	0,0	201	2,00	5,75	0,0	377	-0,28	4,38	0,0
54	0,50	4,75	0,0	202	2,25	0,25	0,0	378	-0,25	4,63	0,0
55	0,25	4,75	0,0	203	2,25	0,50	0,0	379	-0,50	4,50	0,0
56	0,50	5,00	0,0	204	2,25	0,75	0,0	380	-0,28	3,88	0,0
57	0,25	5,00	0,0	205	2,25	1,00	0,0	381	-0,25	4,13	0,0
58	0,50	5,25	0,0	206	2,25	1,25	0,0	382	-0,50	4,00	0,0
59	0,25	5,25	0,0	207	2,25	1,50	0,0	384	-0,28	5,38	0,0
60	0,50	5,50	0,0	208	2,25	1,75	0,0	385	-0,25	5,63	0,0
61	0,25	5,50	0,0	209	2,25	2,00	0,0	386	-0,50	5,50	0,0
62	0,50	5,75	0,0	210	2,25	2,25	0,0	387	1,13	6,28	0,0
63	0,25	5,75	0,0	211	2,25	2,50	0,0	393	2,66	-0,23	0,0
64	0,75	0,25	0,0	212	2,25	2,75	0,0	394	2,80	-0,08	0,0
65	0,75	0,50	0,0	213	2,25	3,00	0,0	396	-0,50	3,25	0,0
66	0,75	0,75	0,0	214	2,25	3,25	0,0	397	-0,50	3,75	0,0
67	0,75	1,00	0,0	215	2,25	3,50	0,0	399	2,72	1,63	0,0
68	0,75	1,25	0,0	216	2,25	3,75	0,0	400	2,75	1,88	0,0
69	0,75	1,50	0,0	217	2,25	4,00	0,0	402	-0,50	4,25	0,0
70	0,75	1,75	0,0	218	2,25	4,25	0,0	403	2,72	4,63	0,0
71	0,75	2,00	0,0	219	2,25	4,50	0,0	404	2,75	4,88	0,0
72	0,75	2,25	0,0	220	2,25	4,75	0,0	407	-0,50	4,75	0,0
73	0,75	2,50	0,0	221	2,25	5,00	0,0	408	-0,28	4,88	0,0
74	0,75	2,75	0,0	222	2,25	5,25	0,0	409	-0,50	5,00	0,0
75	0,75	3,00	0,0	223	2,25	5,50	0,0	410	-0,50	5,25	0,0
76	0,75	3,25	0,0	224	2,25	5,75	0,0	411	-0,25	5,13	0,0
77	0,75	3,50	0,0	225	0,0	0,25	0,0	412	-0,50	5,75	0,0
78	0,75	3,75	0,0	227	0,25	0,0	0,0	416	-0,25	6,13	0,0
79	0,75	4,00	0,0	228	0,0	0,75	0,0	417	-0,50	6,25	0,0
80	0,75	4,25	0,0	229	0,0	0,50	0,0	418	-0,50	6,00	0,0

81	0,75	4,50	0,0	230	0,50	0,0	0,0	419	-0,25	6,50	0,0
82	0,75	4,75	0,0	231	0,0	1,00	0,0	420	-0,50	6,50	0,0
83	0,75	5,00	0,0	232	0,0	1,25	0,0	421	-0,10	6,29	0,0
84	0,75	5,25	0,0	233	0,0	1,75	0,0	422	0,0	6,50	0,0
85	0,75	5,50	0,0	234	0,0	1,50	0,0	423	-0,28	5,88	0,0
86	0,75	5,75	0,0	235	0,0	2,25	0,0	427	2,72	5,63	0,0
87	1,00	0,25	0,0	237	0,0	2,75	0,0	430	1,25	6,50	0,0
88	1,00	0,50	0,0	238	0,0	2,50	0,0	431	1,38	6,25	0,0
89	1,00	0,75	0,0	239	0,75	0,0	0,0	432	3,00	5,25	0,0
90	1,00	1,00	0,0	240	1,00	0,0	0,0	433	3,00	5,50	0,0
91	1,00	1,25	0,0	241	1,25	0,0	0,0	434	2,75	5,38	0,0
92	1,00	1,50	0,0	242	1,50	0,0	0,0	436	3,00	2,50	0,0
93	1,00	1,75	0,0	243	0,0	3,25	0,0	437	3,00	2,75	0,0
94	1,00	2,00	0,0	244	0,0	3,00	0,0	438	2,75	2,63	0,0
95	1,00	2,25	0,0	245	0,0	3,75	0,0	440	2,25	-0,50	0,0
96	1,00	2,50	0,0	246	0,0	3,50	0,0	441	2,50	-0,50	0,0
97	1,00	2,75	0,0	247	0,0	4,25	0,0	442	2,38	-0,25	0,0
98	1,00	3,00	0,0	249	0,0	4,50	0,0	443	0,40	6,25	0,0
99	1,00	3,25	0,0	250	0,0	5,00	0,0	448	2,75	0,90	0,0
100	1,00	3,50	0,0	251	0,0	4,75	0,0	449	2,79	1,14	0,0
101	1,00	3,75	0,0	252	0,0	5,50	0,0	450	3,00	3,00	0,0
102	1,00	4,00	0,0	253	0,0	5,25	0,0	451	3,00	3,25	0,0
103	1,00	4,25	0,0	255	0,0	5,75	0,0	452	2,75	3,13	0,0
104	1,00	4,50	0,0	256	0,50	6,00	0,0	453	0,13	6,25	0,0
105	1,00	4,75	0,0	257	0,25	6,00	0,0	454	0,25	6,50	0,0
106	1,00	5,00	0,0	258	1,00	6,00	0,0	456	1,63	-0,22	0,0
107	1,00	5,25	0,0	259	0,75	6,00	0,0	459	0,88	6,25	0,0
108	1,00	5,50	0,0	260	1,75	0,0	0,0	460	3,00	0,50	0,0
109	1,00	5,75	0,0	261	2,00	0,0	0,0	461	3,00	0,75	0,0
110	1,25	0,25	0,0	262	2,25	0,0	0,0	462	2,75	0,63	0,0
111	1,25	0,50	0,0	264	2,50	0,50	0,0	464	2,13	-0,22	0,0
112	1,25	0,75	0,0	265	2,50	1,00	0,0	466	0,64	6,21	0,0
113	1,25	1,00	0,0	266	2,50	0,75	0,0	467	0,75	6,50	0,0
114	1,25	1,25	0,0	267	2,50	1,50	0,0	468	0,50	6,50	0,0
115	1,25	1,50	0,0	269	2,50	1,75	0,0	469	1,88	-0,25	0,0
116	1,25	1,75	0,0	270	2,50	1,25	0,0	470	2,00	-0,50	0,0
117	1,25	2,00	0,0	271	2,50	0,25	0,0	472	1,75	-0,50	0,0
118	1,25	2,25	0,0	272	2,50	2,50	0,0	475	3,00	1,00	0,0
119	1,25	2,50	0,0	273	2,50	2,25	0,0	477	2,75	1,38	0,0
120	1,25	2,75	0,0	274	2,50	2,75	0,0	479	2,75	0,13	0,0
121	1,25	3,00	0,0	275	2,50	3,00	0,0	482	2,72	0,38	0,0
122	1,25	3,25	0,0	276	2,50	3,25	0,0	484	2,75	-0,50	0,0
123	1,25	3,50	0,0	277	2,50	3,75	0,0	485	3,00	-0,50	0,0
124	1,25	3,75	0,0	278	2,50	3,50	0,0	486	3,00	-0,25	0,0
125	1,25	4,00	0,0	279	2,50	4,25	0,0	487	3,00	1,25	0,0
126	1,25	4,25	0,0	280	2,50	4,75	0,0	488	3,00	0,0	0,0
127	1,25	4,50	0,0	281	2,50	4,50	0,0	489	3,00	0,25	0,0
128	1,25	4,75	0,0	283	1,50	6,00	0,0	490	3,00	1,50	0,0
129	1,25	5,00	0,0	284	1,25	6,00	0,0	491	3,00	1,75	0,0
130	1,25	5,25	0,0	285	2,00	6,00	0,0	492	3,00	2,00	0,0
131	1,25	5,50	0,0	286	1,75	6,00	0,0	495	2,72	2,88	0,0
132	1,25	5,75	0,0	287	2,50	5,00	0,0	498	3,00	5,75	0,0
133	1,50	0,25	0,0	288	2,50	5,25	0,0	499	3,00	6,00	0,0

134	1,50	0,50	0,0	289	2,25	6,00	0,0	501	2,72	5,13	0,0
135	1,50	0,75	0,0	290	2,50	5,75	0,0	503	3,00	4,75	0,0
136	1,50	1,00	0,0	291	2,50	5,50	0,0	504	3,00	5,00	0,0
137	1,50	1,25	0,0	293	2,79	6,10	0,0	507	2,75	4,38	0,0
138	1,50	1,50	0,0	295	2,75	5,88	0,0	509	3,00	4,25	0,0
139	1,50	1,75	0,0	296	-0,50	-0,25	0,0	510	3,00	4,50	0,0
140	1,50	2,00	0,0	297	-0,50	-0,50	0,0	511	2,72	4,13	0,0
141	1,50	2,25	0,0	298	-0,25	-0,50	0,0	512	2,25	6,50	0,0
142	1,50	2,50	0,0	299	-0,29	-0,10	0,0	513	2,00	6,50	0,0
143	1,50	2,75	0,0	300	-0,50	0,0	0,0	514	2,13	6,25	0,0
144	1,50	3,00	0,0	301	-0,50	0,25	0,0	515	3,00	4,00	0,0
145	1,50	3,25	0,0	302	-0,25	0,13	0,0	516	1,00	6,50	0,0
146	1,50	3,50	0,0	303	2,38	6,28	0,0	517	3,00	6,25	0,0
147	1,50	3,75	0,0	304	2,63	6,25	0,0	519	2,75	6,50	0,0
148	1,50	4,00	0,0	305	2,50	6,50	0,0	520	3,00	6,50	0,0

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 γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ 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 γ_{G1}

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_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}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	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.

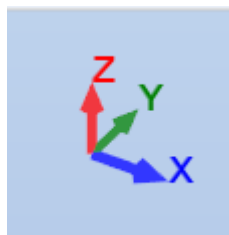


FIG. 15 – SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE MODELLO 3D

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

Unità di misura utilizzate : kN, kNm

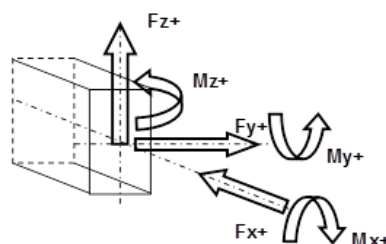
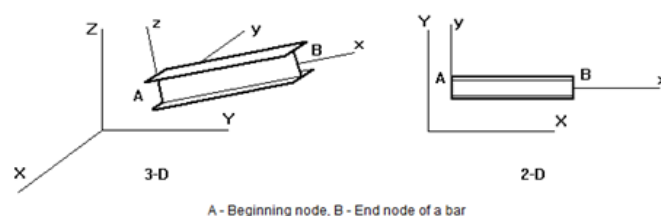


FIG. 16 – SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE ELEMENTI FINITI MONODIMENSIONALI (BARRE)

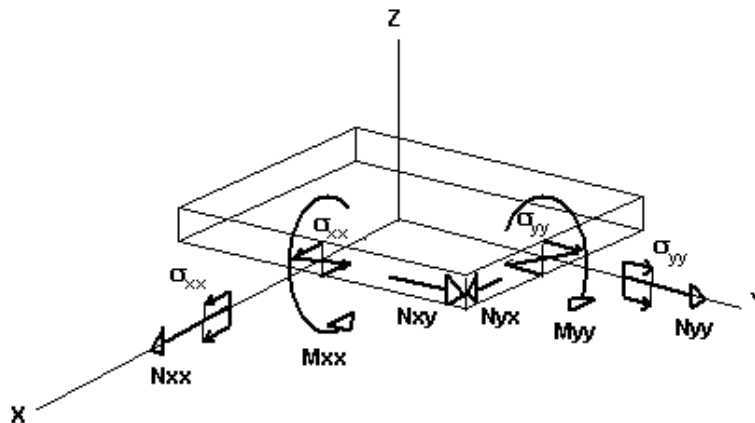


FIG. 17 –SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE ELEMENTI FINITI BIDIMENSIONALI

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/m^3 e orizzontale pari a 1000 kN/m^3 , i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

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

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

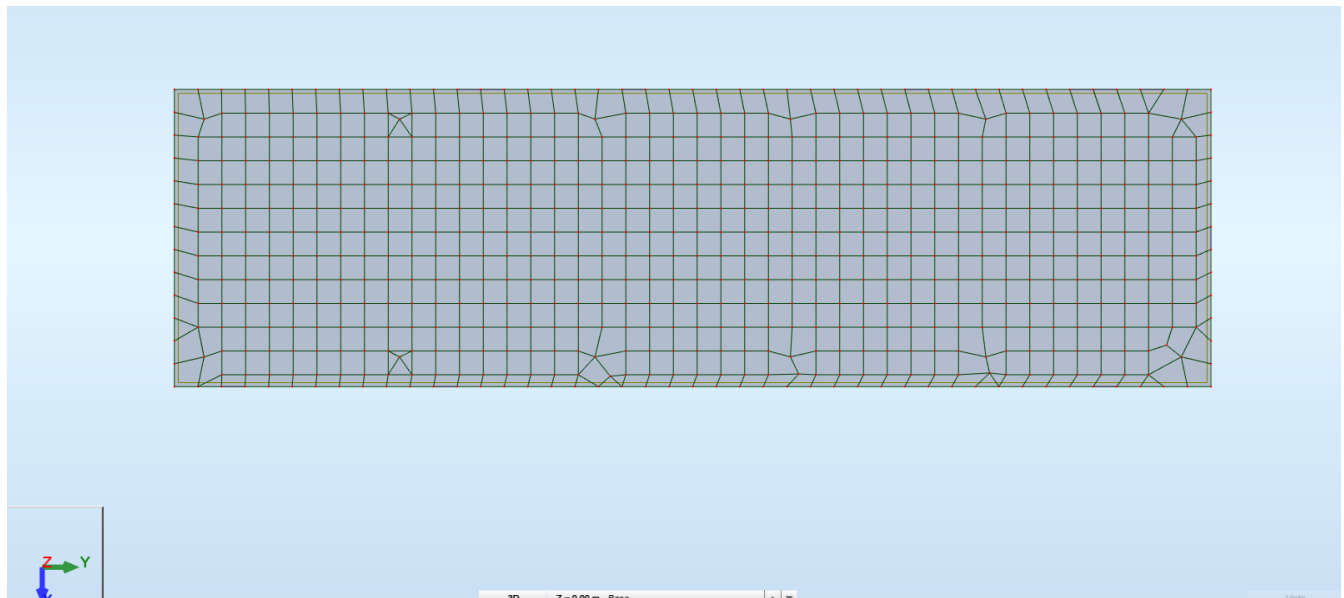


FIG. 18 – PLANIMETRIA MODELLO DI CALCOLO

Elementi tipo shell

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

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

- Carichi nodali derivanti dall'analisi della sovrastruttura;

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

COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,30
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
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

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
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

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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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
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

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
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)
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)
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

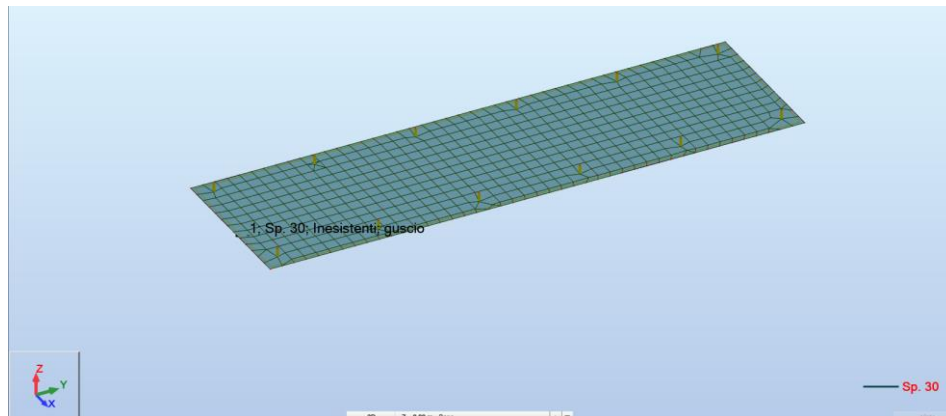


FIG. 19 – NUMERAZIONE PANNELLI

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.

Inverter/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^3 e orizzontale pari a 1000 kN/m^3 .

La discretizzazione degli elementi bidimensionali è stata realizzata con una "mesh" regolare con dimensione massima dell'elemento finito pari a 25cm.

Gli elementi utilizzati hanno le seguenti caratteristiche geometriche:

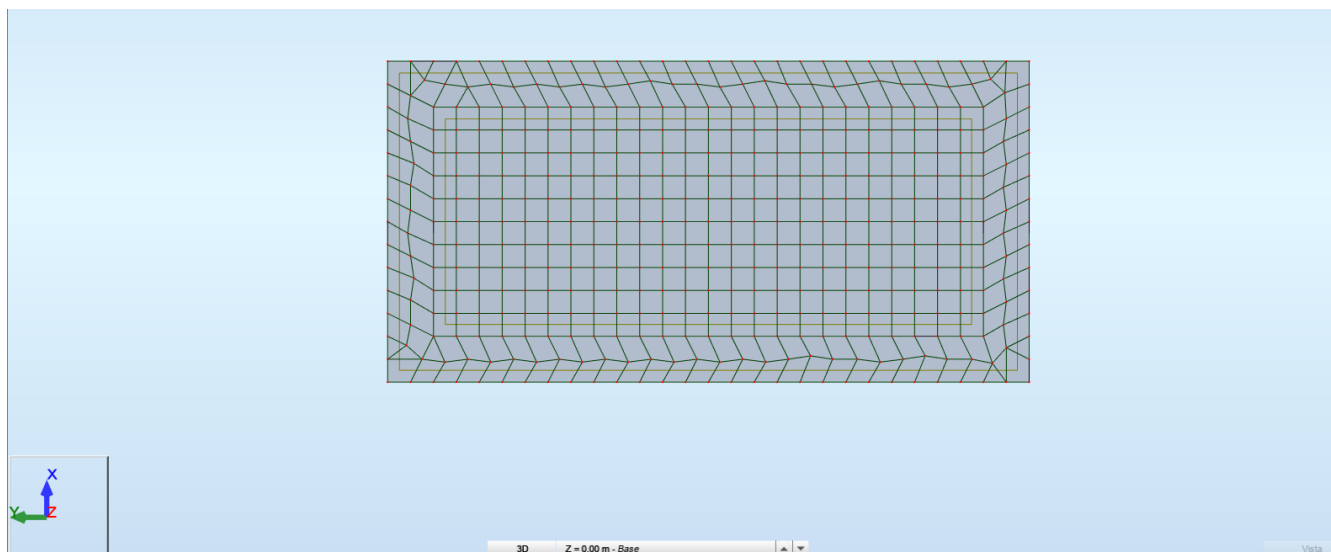


FIG. 20 – PLANIMETRIA MODELLO DI CALCOLO

Elementi tipo shell

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

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

- Carichi nodali derivanti dall’analisi della sovrastruttura;

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

COORDINATE E NUMERAZIONE NODI – FONDAZIONE

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	3,00
3	0,0	2,00	0,0
4	0,0	2,00	3,00
5	0,0	4,00	0,0
6	0,0	4,00	3,00
7	0,0	6,00	0,0
8	0,0	6,00	3,00
9	2,50	6,00	0,0
10	2,50	6,00	3,00
11	2,50	4,00	0,0
12	2,50	4,00	3,00
13	2,50	2,00	0,0
14	2,50	2,00	3,00
15	2,50	0,0	0,0
16	2,50	0,0	3,00
17	0,25	0,25	0,0
18	1,25	3,00	1,50
19	0,50	0,25	0,0
20	0,50	0,50	0,0
21	0,25	0,50	0,0
22	0,50	0,75	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
149	1,50	4,25	0,0
150	1,50	4,50	0,0
151	1,50	4,75	0,0
152	1,50	5,00	0,0
153	1,50	5,25	0,0
154	1,50	5,50	0,0
155	1,50	5,75	0,0
156	1,75	0,25	0,0
157	1,75	0,50	0,0
158	1,75	0,75	0,0
159	1,75	1,00	0,0
160	1,75	1,25	0,0
161	1,75	1,50	0,0
162	1,75	1,75	0,0
163	1,75	2,00	0,0
164	1,75	2,25	0,0
165	1,75	2,50	0,0
166	1,75	2,75	0,0
167	1,75	3,00	0,0
168	1,75	3,25	0,0
169	1,75	3,50	0,0
170	1,75	3,75	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
306	0,0	-0,50	0,0
307	-0,13	-0,25	0,0
310	1,89	6,21	0,0
311	-0,25	0,40	0,0
314	0,25	-0,50	0,0
315	0,38	-0,25	0,0
316	0,13	-0,22	0,0
317	1,50	6,50	0,0
318	1,65	6,25	0,0
319	1,75	6,50	0,0
321	-0,28	1,13	0,0
322	-0,25	0,88	0,0
324	-0,50	1,00	0,0
325	-0,50	0,75	0,0
326	-0,28	2,38	0,0
327	-0,25	2,13	0,0
329	-0,25	1,38	0,0
330	-0,50	1,50	0,0
331	-0,50	1,25	0,0
332	-0,25	1,65	0,0
334	-0,50	2,25	0,0
335	-0,50	2,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
23	0,25	0,75	0,0
24	0,50	1,00	0,0
25	0,25	1,00	0,0
26	0,50	1,25	0,0
27	0,25	1,25	0,0
28	0,50	1,50	0,0
29	0,25	1,50	0,0
30	0,50	1,75	0,0
31	0,25	1,75	0,0
32	0,50	2,00	0,0
33	0,25	2,00	0,0
34	0,50	2,25	0,0
35	0,25	2,25	0,0
36	0,50	2,50	0,0
37	0,25	2,50	0,0
38	0,50	2,75	0,0
39	0,25	2,75	0,0
40	0,50	3,00	0,0
41	0,25	3,00	0,0
42	0,50	3,25	0,0
43	0,25	3,25	0,0
44	0,50	3,50	0,0
45	0,25	3,50	0,0
46	0,50	3,75	0,0
47	0,25	3,75	0,0
48	0,50	4,00	0,0
49	0,25	4,00	0,0
50	0,50	4,25	0,0
51	0,25	4,25	0,0
52	0,50	4,50	0,0
53	0,25	4,50	0,0
54	0,50	4,75	0,0
55	0,25	4,75	0,0
56	0,50	5,00	0,0
57	0,25	5,00	0,0
58	0,50	5,25	0,0
59	0,25	5,25	0,0
60	0,50	5,50	0,0
61	0,25	5,50	0,0
62	0,50	5,75	0,0
63	0,25	5,75	0,0
64	0,75	0,25	0,0
65	0,75	0,50	0,0
66	0,75	0,75	0,0
67	0,75	1,00	0,0
68	0,75	1,25	0,0
69	0,75	1,50	0,0
70	0,75	1,75	0,0
71	0,75	2,00	0,0
72	0,75	2,25	0,0
73	0,75	2,50	0,0
74	0,75	2,75	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
171	1,75	4,00	0,0
172	1,75	4,25	0,0
173	1,75	4,50	0,0
174	1,75	4,75	0,0
175	1,75	5,00	0,0
176	1,75	5,25	0,0
177	1,75	5,50	0,0
178	1,75	5,75	0,0
179	2,00	0,25	0,0
180	2,00	0,50	0,0
181	2,00	0,75	0,0
182	2,00	1,00	0,0
183	2,00	1,25	0,0
184	2,00	1,50	0,0
185	2,00	1,75	0,0
186	2,00	2,00	0,0
187	2,00	2,25	0,0
188	2,00	2,50	0,0
189	2,00	2,75	0,0
190	2,00	3,00	0,0
191	2,00	3,25	0,0
192	2,00	3,50	0,0
193	2,00	3,75	0,0
194	2,00	4,00	0,0
195	2,00	4,25	0,0
196	2,00	4,50	0,0
197	2,00	4,75	0,0
198	2,00	5,00	0,0
199	2,00	5,25	0,0
200	2,00	5,50	0,0
201	2,00	5,75	0,0
202	2,25	0,25	0,0
203	2,25	0,50	0,0
204	2,25	0,75	0,0
205	2,25	1,00	0,0
206	2,25	1,25	0,0
207	2,25	1,50	0,0
208	2,25	1,75	0,0
209	2,25	2,00	0,0
210	2,25	2,25	0,0
211	2,25	2,50	0,0
212	2,25	2,75	0,0
213	2,25	3,00	0,0
214	2,25	3,25	0,0
215	2,25	3,50	0,0
216	2,25	3,75	0,0
217	2,25	4,00	0,0
218	2,25	4,25	0,0
219	2,25	4,50	0,0
220	2,25	4,75	0,0
221	2,25	5,00	0,0
222	2,25	5,25	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
336	-0,50	2,00	0,0
337	-0,21	1,89	0,0
338	-0,50	1,75	0,0
339	0,63	-0,22	0,0
340	0,50	-0,50	0,0
341	-0,25	2,63	0,0
342	-0,50	2,75	0,0
344	1,13	-0,22	0,0
346	-0,21	0,64	0,0
350	-0,50	0,50	0,0
352	2,79	3,64	0,0
353	2,75	3,88	0,0
354	0,75	-0,50	0,0
355	0,88	-0,25	0,0
356	1,00	-0,50	0,0
357	3,00	3,50	0,0
358	3,00	3,75	0,0
359	1,25	-0,50	0,0
360	1,38	-0,25	0,0
361	3,00	2,25	0,0
362	2,79	2,39	0,0
363	2,75	2,15	0,0
365	2,75	3,40	0,0
370	-0,28	2,88	0,0
371	-0,25	3,13	0,0
372	-0,50	3,00	0,0
373	-0,28	3,38	0,0
374	-0,25	3,63	0,0
375	-0,50	3,50	0,0
376	1,50	-0,50	0,0
377	-0,28	4,38	0,0
378	-0,25	4,63	0,0
379	-0,50	4,50	0,0
380	-0,28	3,88	0,0
381	-0,25	4,13	0,0
382	-0,50	4,00	0,0
384	-0,28	5,38	0,0
385	-0,25	5,63	0,0
386	-0,50	5,50	0,0
387	1,13	6,28	0,0
393	2,66	-0,23	0,0
394	2,80	-0,08	0,0
396	-0,50	3,25	0,0
397	-0,50	3,75	0,0
399	2,72	1,63	0,0
400	2,75	1,88	0,0
402	-0,50	4,25	0,0
403	2,72	4,63	0,0
404	2,75	4,88	0,0
407	-0,50	4,75	0,0
408	-0,28	4,88	0,0
409	-0,50	5,00	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
75	0,75	3,00	0,0
76	0,75	3,25	0,0
77	0,75	3,50	0,0
78	0,75	3,75	0,0
79	0,75	4,00	0,0
80	0,75	4,25	0,0
81	0,75	4,50	0,0
82	0,75	4,75	0,0
83	0,75	5,00	0,0
84	0,75	5,25	0,0
85	0,75	5,50	0,0
86	0,75	5,75	0,0
87	1,00	0,25	0,0
88	1,00	0,50	0,0
89	1,00	0,75	0,0
90	1,00	1,00	0,0
91	1,00	1,25	0,0
92	1,00	1,50	0,0
93	1,00	1,75	0,0
94	1,00	2,00	0,0
95	1,00	2,25	0,0
96	1,00	2,50	0,0
97	1,00	2,75	0,0
98	1,00	3,00	0,0
99	1,00	3,25	0,0
100	1,00	3,50	0,0
101	1,00	3,75	0,0
102	1,00	4,00	0,0
103	1,00	4,25	0,0
104	1,00	4,50	0,0
105	1,00	4,75	0,0
106	1,00	5,00	0,0
107	1,00	5,25	0,0
108	1,00	5,50	0,0
109	1,00	5,75	0,0
110	1,25	0,25	0,0
111	1,25	0,50	0,0
112	1,25	0,75	0,0
113	1,25	1,00	0,0
114	1,25	1,25	0,0
115	1,25	1,50	0,0
116	1,25	1,75	0,0
117	1,25	2,00	0,0
118	1,25	2,25	0,0
119	1,25	2,50	0,0
120	1,25	2,75	0,0
121	1,25	3,00	0,0
122	1,25	3,25	0,0
123	1,25	3,50	0,0
124	1,25	3,75	0,0
125	1,25	4,00	0,0
126	1,25	4,25	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
223	2,25	5,50	0,0
224	2,25	5,75	0,0
225	0,0	0,25	0,0
227	0,25	0,0	0,0
228	0,0	0,75	0,0
229	0,0	0,50	0,0
230	0,50	0,0	0,0
231	0,0	1,00	0,0
232	0,0	1,25	0,0
233	0,0	1,75	0,0
234	0,0	1,50	0,0
235	0,0	2,25	0,0
237	0,0	2,75	0,0
238	0,0	2,50	0,0
239	0,75	0,0	0,0
240	1,00	0,0	0,0
241	1,25	0,0	0,0
242	1,50	0,0	0,0
243	0,0	3,25	0,0
244	0,0	3,00	0,0
245	0,0	3,75	0,0
246	0,0	3,50	0,0
247	0,0	4,25	0,0
249	0,0	4,50	0,0
250	0,0	5,00	0,0
251	0,0	4,75	0,0
252	0,0	5,50	0,0
253	0,0	5,25	0,0
255	0,0	5,75	0,0
256	0,50	6,00	0,0
257	0,25	6,00	0,0
258	1,00	6,00	0,0
259	0,75	6,00	0,0
260	1,75	0,0	0,0
261	2,00	0,0	0,0
262	2,25	0,0	0,0
264	2,50	0,50	0,0
265	2,50	1,00	0,0
266	2,50	0,75	0,0
267	2,50	1,50	0,0
269	2,50	1,75	0,0
270	2,50	1,25	0,0
271	2,50	0,25	0,0
272	2,50	2,50	0,0
273	2,50	2,25	0,0
274	2,50	2,75	0,0
275	2,50	3,00	0,0
276	2,50	3,25	0,0
277	2,50	3,75	0,0
278	2,50	3,50	0,0
279	2,50	4,25	0,0
280	2,50	4,75	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
410	-0,50	5,25	0,0
411	-0,25	5,13	0,0
412	-0,50	5,75	0,0
416	-0,25	6,13	0,0
417	-0,50	6,25	0,0
418	-0,50	6,00	0,0
419	-0,25	6,50	0,0
420	-0,50	6,50	0,0
421	-0,10	6,29	0,0
422	0,0	6,50	0,0
423	-0,28	5,88	0,0
427	2,72	5,63	0,0
430	1,25	6,50	0,0
431	1,38	6,25	0,0
432	3,00	5,25	0,0
433	3,00	5,50	0,0
434	2,75	5,38	0,0
436	3,00	2,50	0,0
437	3,00	2,75	0,0
438	2,75	2,63	0,0
440	2,25	-0,50	0,0
441	2,50	-0,50	0,0
442	2,38	-0,25	0,0
443	0,40	6,25	0,0
448	2,75	0,90	0,0
449	2,79	1,14	0,0
450	3,00	3,00	0,0
451	3,00	3,25	0,0
452	2,75	3,13	0,0
453	0,13	6,25	0,0
454	0,25	6,50	0,0
456	1,63	-0,22	0,0
459	0,88	6,25	0,0
460	3,00	0,50	0,0
461	3,00	0,75	0,0
462	2,75	0,63	0,0
464	2,13	-0,22	0,0
466	0,64	6,21	0,0
467	0,75	6,50	0,0
468	0,50	6,50	0,0
469	1,88	-0,25	0,0
470	2,00	-0,50	0,0
472	1,75	-0,50	0,0
475	3,00	1,00	0,0
477	2,75	1,38	0,0
479	2,75	0,13	0,0
482	2,72	0,38	0,0
484	2,75	-0,50	0,0
485	3,00	-0,50	0,0
486	3,00	-0,25	0,0
487	3,00	1,25	0,0
488	3,00	0,0	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
127	1,25	4,50	0,0
128	1,25	4,75	0,0
129	1,25	5,00	0,0
130	1,25	5,25	0,0
131	1,25	5,50	0,0
132	1,25	5,75	0,0
133	1,50	0,25	0,0
134	1,50	0,50	0,0
135	1,50	0,75	0,0
136	1,50	1,00	0,0
137	1,50	1,25	0,0
138	1,50	1,50	0,0
139	1,50	1,75	0,0
140	1,50	2,00	0,0
141	1,50	2,25	0,0
142	1,50	2,50	0,0
143	1,50	2,75	0,0
144	1,50	3,00	0,0
145	1,50	3,25	0,0
146	1,50	3,50	0,0
147	1,50	3,75	0,0
148	1,50	4,00	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
281	2,50	4,50	0,0
283	1,50	6,00	0,0
284	1,25	6,00	0,0
285	2,00	6,00	0,0
286	1,75	6,00	0,0
287	2,50	5,00	0,0
288	2,50	5,25	0,0
289	2,25	6,00	0,0
290	2,50	5,75	0,0
291	2,50	5,50	0,0
293	2,79	6,10	0,0
295	2,75	5,88	0,0
296	-0,50	-0,25	0,0
297	-0,50	-0,50	0,0
298	-0,25	-0,50	0,0
299	-0,29	-0,10	0,0
300	-0,50	0,0	0,0
301	-0,50	0,25	0,0
302	-0,25	0,13	0,0
303	2,38	6,28	0,0
304	2,63	6,25	0,0
305	2,50	6,50	0,0

Nodo	X (m)	Y (m)	Z (m)
489	3,00	0,25	0,0
490	3,00	1,50	0,0
491	3,00	1,75	0,0
492	3,00	2,00	0,0
495	2,72	2,88	0,0
498	3,00	5,75	0,0
499	3,00	6,00	0,0
501	2,72	5,13	0,0
503	3,00	4,75	0,0
504	3,00	5,00	0,0
507	2,75	4,38	0,0
509	3,00	4,25	0,0
510	3,00	4,50	0,0
511	2,72	4,13	0,0
512	2,25	6,50	0,0
513	2,00	6,50	0,0
514	2,13	6,25	0,0
515	3,00	4,00	0,0
516	1,00	6,50	0,0
517	3,00	6,25	0,0
519	2,75	6,50	0,0
520	3,00	6,50	0,0

Pannelli

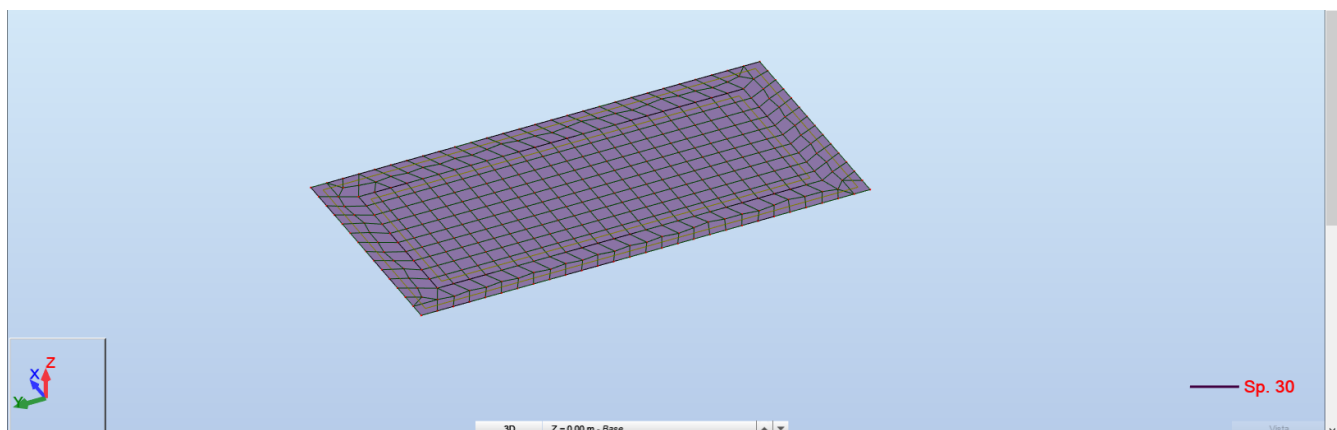


FIG. 21 – NUMERAZIONE PANNELLI

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
10	Ex SLD	Sismiche SLE	Statica lineare
11	Ex SLV	Sismiche SLU	Statica lineare
12	Ey SLD	Sismiche SLE	Statica lineare
13	Ey SLV	Sismiche SLU	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=4,39(kN) FY=0,57(kN) FZ=5,17(kN)
6	Vx-	forza nodale	1	' FX=-3,47(kN) FY=-0,27(kN) FZ=-0,63(kN)
7	Vy	forza nodale	1	' FX=0,83(kN) FY=2,60(kN) FZ=3,43(kN)
8	Vy-	forza nodale	1	' FX=0,08(kN) FY=-2,30(kN) FZ=1,10(kN)
9	T	forza nodale	1	' FX=-0,40(kN) FY=-1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	1	' FX=-0,14(kN) FZ=-0,21(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	1	' FX=-0,32(kN) FZ=-0,47(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	1	' FY=-0,18(kN) FZ=-0,28(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	1	' FY=-0,39(kN) FZ=-0,64(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=3,47(kN) FY=-0,27(kN) FZ=-0,63(kN)
6	Vx-	forza nodale	3	' FX=-4,39(kN) FY=0,57(kN) FZ=5,17(kN)
7	Vy	forza nodale	3	' FX=-0,83(kN) FY=2,60(kN) FZ=3,43(kN)
8	Vy-	forza nodale	3	' FX=-0,08(kN) FY=-2,30(kN) FZ=1,10(kN)
9	T	forza nodale	3	' FX=0,40(kN) FY=-1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	3	' FX=-0,14(kN) FZ=-0,21(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	3	' FX=-0,32(kN) FZ=-0,47(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	3	' FY=-0,18(kN) FZ=-0,28(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	3	' FY=-0,39(kN) FZ=-0,64(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=8,85(kN) FY=-0,18(kN) FZ=10,96(kN)
6	Vx-	forza nodale	21	' FX=-6,91(kN) FY=0,13(kN) FZ=-1,23(kN)
7	Vy	forza nodale	21	' FX=0,93(kN) FY=1,30(kN) FZ=4,47(kN)
8	Vy-	forza nodale	21	' FX=1,01(kN) FY=-1,35(kN) FZ=5,26(kN)
9	T	forza nodale	21	' FX=-0,46(kN) FY=-1,51(kN) FZ=1,56(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	21	' FX=-0,21(kN) FZ=-0,33(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	21	' FX=-0,47(kN) FZ=-0,74(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	21	' FY=-0,23(kN) FZ=-0,08(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	21	' FY=-0,52(kN) FZ=-0,19(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=6,91(kN) FY=0,13(kN) FZ=-1,23(kN)
6	Vx-	forza nodale	23	' FX=-8,85(kN) FY=-0,18(kN) FZ=10,96(kN)
7	Vy	forza nodale	23	' FX=-0,93(kN) FY=1,30(kN) FZ=4,47(kN)
8	Vy-	forza nodale	23	' FX=-1,01(kN) FY=-1,35(kN) FZ=5,26(kN)
9	T	forza nodale	23	' FX=0,46(kN) FY=-1,51(kN) FZ=1,56(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	23	' FX=-0,21(kN) FZ=-0,33(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	23	' FX=-0,47(kN) FZ=-0,74(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	23	' FY=-0,23(kN) FZ=-0,08(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	23	' FY=-0,52(kN) FZ=-0,19(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=8,90(kN) FZ=10,83(kN)
6	Vx-	forza nodale	25	' FX=-6,96(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,36(kN)
7	Vy	forza nodale	25	' FX=0,97(kN) FY=1,03(kN) FZ=4,82(kN)
8	Vy-	forza nodale	25	' FX=0,97(kN) FY=-1,02(kN) FZ=4,65(kN)
9	T	forza nodale	25	' FX=-0,47(kN) FY=-0,46(kN) FZ=0,44(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	25	' FX=-0,24(kN) FZ=-0,37(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	25	' FX=-0,54(kN) FZ=-0,82(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	25	' FY=-0,22(kN) FZ=-0,02(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	25	' FY=-0,50(kN) FZ=-0,04(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=6,96(kN) FY=0,01(kN) FZ=-1,36(kN)
6	Vx-	forza nodale	27	' FX=-8,90(kN) FZ=10,83(kN)
7	Vy	forza nodale	27	' FX=-0,97(kN) FY=1,03(kN) FZ=4,82(kN)
8	Vy-	forza nodale	27	' FX=-0,97(kN) FY=-1,02(kN) FZ=4,65(kN)
9	T	forza nodale	27	' FX=0,47(kN) FY=-0,46(kN) FZ=0,44(kN)

10	Ex SLD	forza nodale	27	' FX=-0,24(kN) FZ=-0,37(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	27	' FX=-0,54(kN) FZ=-0,82(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	27	' FY=-0,22(kN) FZ=-0,02(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	27	' FY=-0,50(kN) FZ=-0,04(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=8,90(kN) FZ=10,83(kN)
6	Vx-	forza nodale	29	' FX=-6,96(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-1,36(kN)
7	Vy	forza nodale	29	' FX=0,97(kN) FY=1,02(kN) FZ=4,65(kN)
8	Vy-	forza nodale	29	' FX=0,97(kN) FY=-1,03(kN) FZ=4,82(kN)
9	T	forza nodale	29	' FX=-0,47(kN) FY=0,46(kN) FZ=0,44(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	29	' FX=-0,24(kN) FZ=-0,37(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	29	' FX=-0,54(kN) FZ=-0,82(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	29	' FY=-0,22(kN) FZ=-0,02(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	29	' FY=-0,50(kN) FZ=-0,04(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=6,96(kN) FY=-0,01(kN) FZ=-1,36(kN)
6	Vx-	forza nodale	31	' FX=-8,90(kN) FZ=10,83(kN)
7	Vy	forza nodale	31	' FX=-0,97(kN) FY=1,02(kN) FZ=4,65(kN)
8	Vy-	forza nodale	31	' FX=-0,97(kN) FY=-1,03(kN) FZ=4,82(kN)
9	T	forza nodale	31	' FX=0,47(kN) FY=0,46(kN) FZ=0,44(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	31	' FX=-0,24(kN) FZ=-0,37(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	31	' FX=-0,54(kN) FZ=-0,82(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	31	' FY=-0,22(kN) FZ=-0,02(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	31	' FY=-0,50(kN) FZ=-0,04(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=8,85(kN) FY=0,18(kN) FZ=10,96(kN)
6	Vx-	forza nodale	33	' FX=-6,91(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-1,23(kN)
7	Vy	forza nodale	33	' FX=1,01(kN) FY=1,35(kN) FZ=5,26(kN)
8	Vy-	forza nodale	33	' FX=0,93(kN) FY=-1,30(kN) FZ=4,47(kN)
9	T	forza nodale	33	' FX=-0,46(kN) FY=1,51(kN) FZ=1,56(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	33	' FX=-0,21(kN) FZ=-0,33(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	33	' FX=-0,47(kN) FZ=-0,74(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	33	' FY=-0,23(kN) FZ=-0,08(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	33	' FY=-0,52(kN) FZ=-0,19(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=6,91(kN) FY=-0,13(kN) FZ=-1,23(kN)

6	Vx-	forza nodale	35	' FX=-8,85(kN) FY=0,18(kN) FZ=10,96(kN)
7	Vy	forza nodale	35	' FX=-1,01(kN) FY=1,35(kN) FZ=5,26(kN)
8	Vy-	forza nodale	35	' FX=-0,93(kN) FY=-1,30(kN) FZ=4,47(kN)
9	T	forza nodale	35	' FX=0,46(kN) FY=1,51(kN) FZ=1,56(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	35	' FX=-0,21(kN) FZ=-0,33(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	35	' FX=-0,47(kN) FZ=-0,74(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	35	' FY=-0,23(kN) FZ=-0,08(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	35	' FY=-0,52(kN) FZ=-0,19(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=4,39(kN) FY=-0,57(kN) FZ=5,17(kN)
6	Vx-	forza nodale	37	' FX=-3,47(kN) FY=0,27(kN) FZ=-0,63(kN)
7	Vy	forza nodale	37	' FX=0,08(kN) FY=2,30(kN) FZ=1,10(kN)
8	Vy-	forza nodale	37	' FX=0,83(kN) FY=-2,60(kN) FZ=3,43(kN)
9	T	forza nodale	37	' FX=-0,40(kN) FY=1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	37	' FX=-0,14(kN) FZ=-0,21(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	37	' FX=-0,32(kN) FZ=-0,47(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	37	' FY=-0,18(kN) FZ=-0,28(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	37	' FY=-0,39(kN) FZ=-0,64(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=3,47(kN) FY=0,27(kN) FZ=-0,63(kN)
6	Vx-	forza nodale	39	' FX=-4,39(kN) FY=-0,57(kN) FZ=5,17(kN)
7	Vy	forza nodale	39	' FX=-0,08(kN) FY=2,30(kN) FZ=1,10(kN)
8	Vy-	forza nodale	39	' FX=-0,83(kN) FY=-2,60(kN) FZ=3,43(kN)
9	T	forza nodale	39	' FX=0,40(kN) FY=1,79(kN) FZ=-2,84(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	39	' FX=-0,14(kN) FZ=-0,21(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	39	' FX=-0,32(kN) FZ=-0,47(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	39	' FY=-0,18(kN) FZ=-0,28(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	39	' FY=-0,39(kN) FZ=-0,64(kN)

Tabella dei Carichi – Trasformatore/inverter – Fondazione

Condiz .	Nome della condizione	Tipo di carico	Lista	Valori di carico
1	G1	peso proprio	1a29	' PZ Negativo Coeff.=1,00
2	G2	(EF) uniformi	20	' PZ=-0,50(kN/m2)
3	Q	(EF) uniformi	19	' PZ=-2,00(kN/m2)
4	N	(EF) uniformi	20	' PZ=-0,80(kN/m2)
5	Vx+	(EF) uniformi	26a28	' PX=0,60(kN/m2)
5	Vx+	(EF) uniformi	20	' PZ=0,30(kN/m2)
5	Vx+	(EF) uniformi	23a25	' PX=0,30(kN/m2)
6	Vx-	(EF) uniformi	26a28	' PX=-0,30(kN/m2)

6	Vx-	(EF) uniformi	20	' PZ=0,30(kN/m2)
6	Vx-	(EF) uniformi	23a25	' PX=-0,60(kN/m2)
7	Vy+	(EF) uniformi	21	' PY=0,60(kN/m2)
7	Vy+	(EF) uniformi	22	' PY=0,30(kN/m2)
7	Vy+	(EF) uniformi	20	' PZ=0,30(kN/m2)
8	Vy-	(EF) uniformi	21	' PY=-0,30(kN/m2)
8	Vy-	(EF) uniformi	22	' PY=-0,60(kN/m2)
8	Vy-	(EF) uniformi	20	' PZ=0,30(kN/m2)
9	T	temperatura	1a18	' TX=25,00(°C)
1	G1	forza nodale	18	' FZ=-39,00(kN)
10	Ex SLD	forza nodale	18	' FX=14,33(kN)
11	Ex SLV	forza nodale	18	' FX=31,81(kN)
12	Ey SLD	forza nodale	18	' FY=14,33(kN)
13	Ey SLV	forza nodale	18	' FY=31,81(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

Comb.	Nome	Tipo comb.	Definizione
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
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.

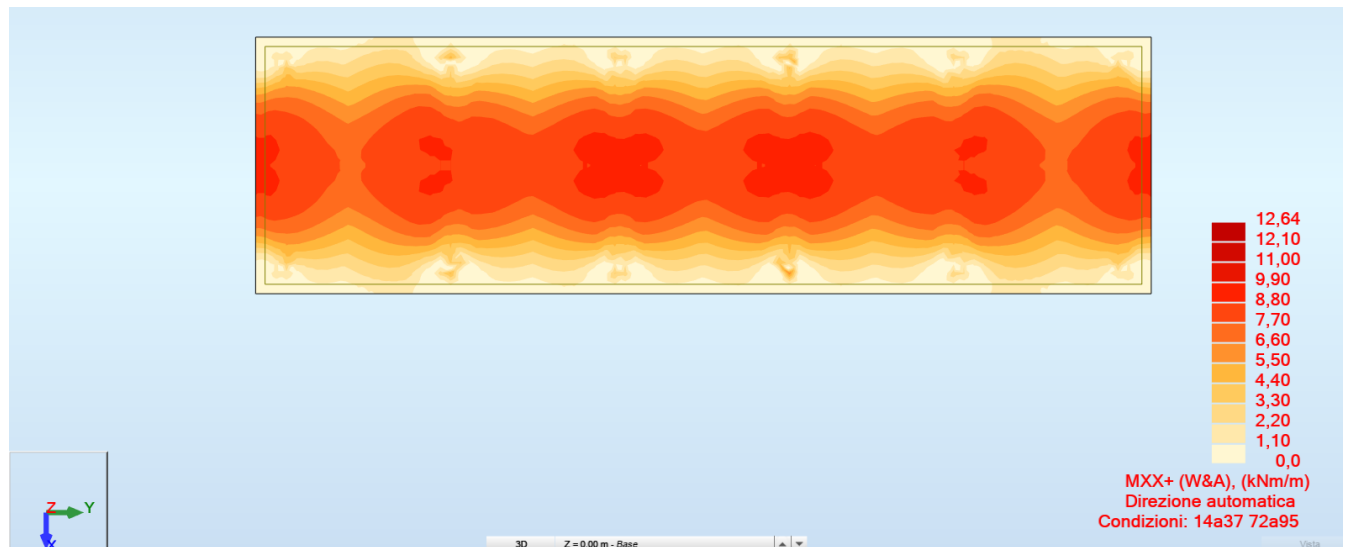


FIG. 22 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

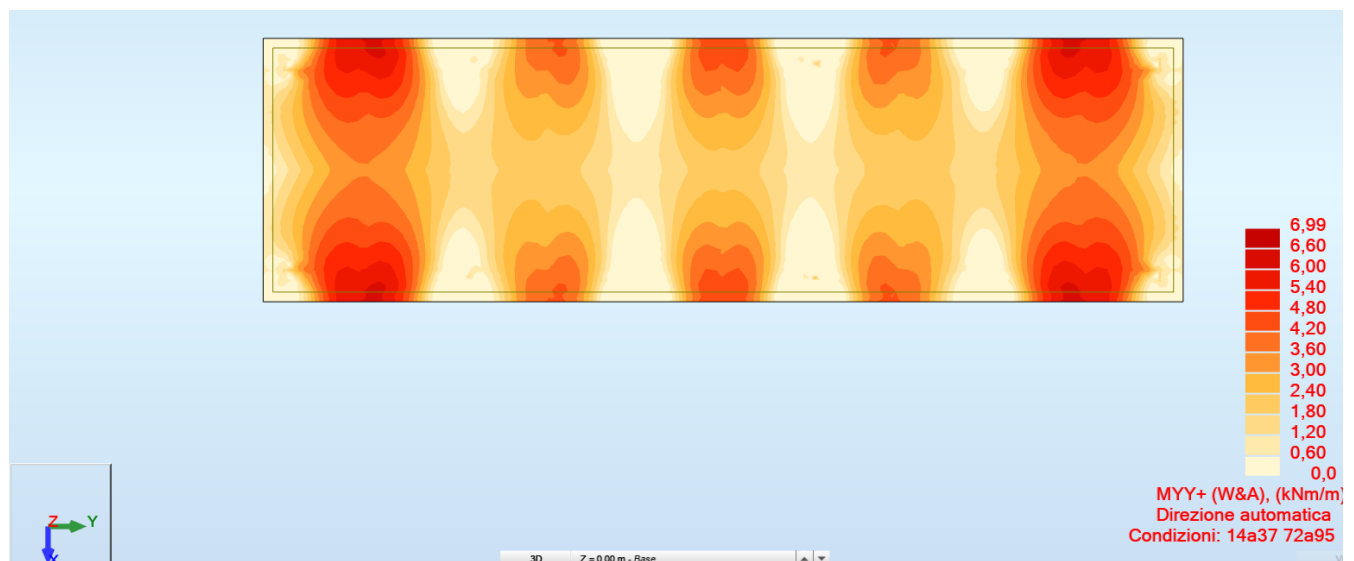


FIG. 23 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

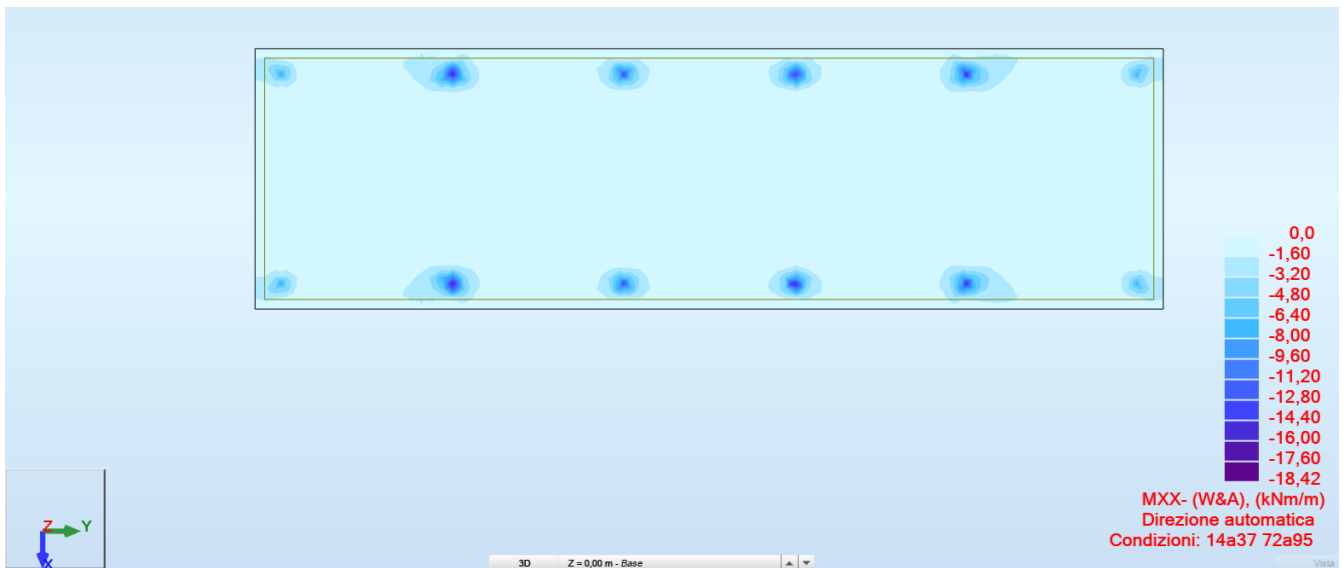


FIG. 24 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

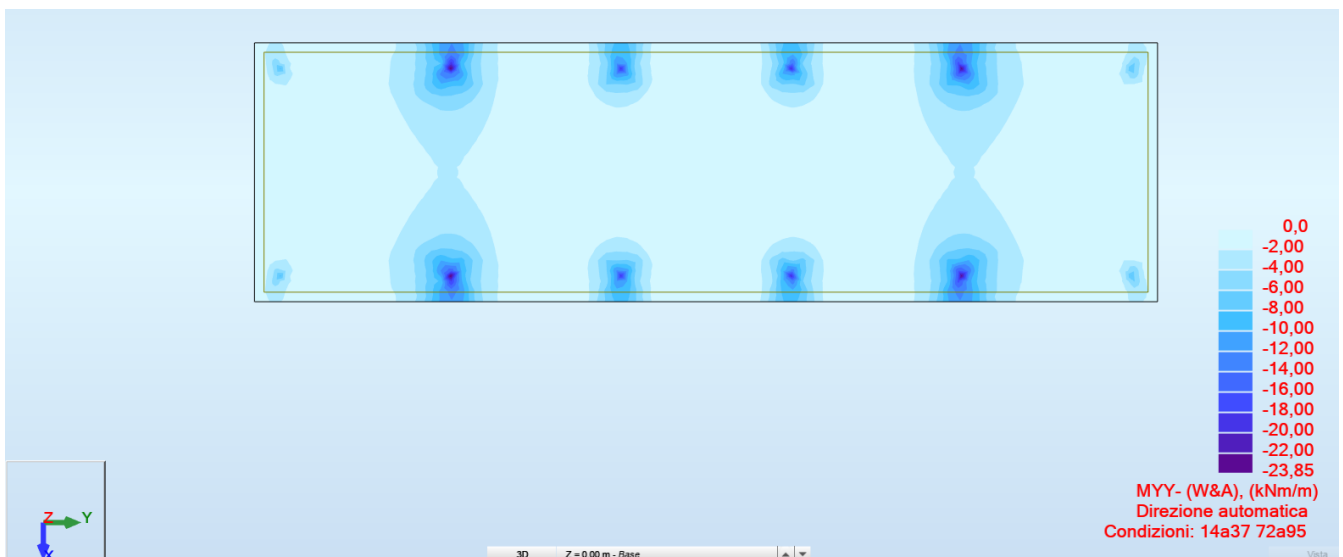


FIG. 25 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

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

Titolo : _____

N° strati barre 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5
2	5.65	25

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

N Ed 0 **0** kN
M xEd 0 **0** kNm
M yEd 0 **0**

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C25/30**
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M xRd 58.35 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_s 3.5 ‰
 ϵ_s 21.8 ‰
 d 25 cm
 x 3.459 x/d 0.1384
 δ 0.7

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 0 cm **Col. modello**
☐ Precompresso

FIG. 26 – MRd PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA Ø12/200MM

$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 23.85 \text{ kNm}$

Verifica soddisfatta

Fattore di Sicurezza = $58.35/23.85 = 2.44 > 1$

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

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

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

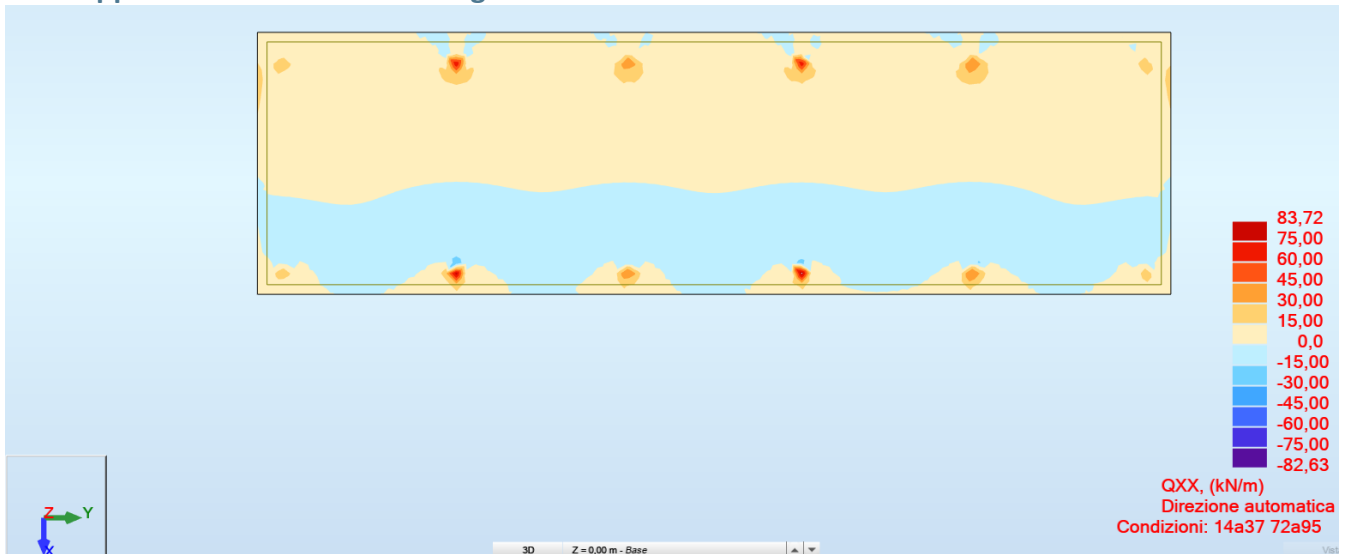


FIG. 27 – MAPPA QXX+ - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

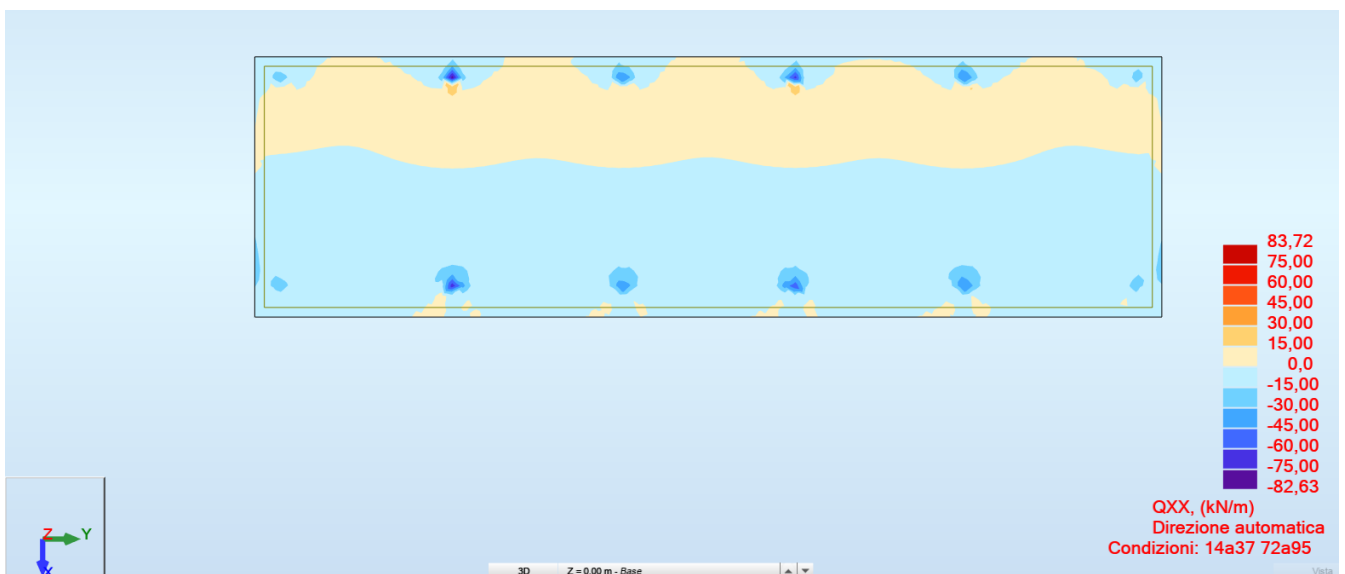


FIG. 28 – MAPPA QXX- MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

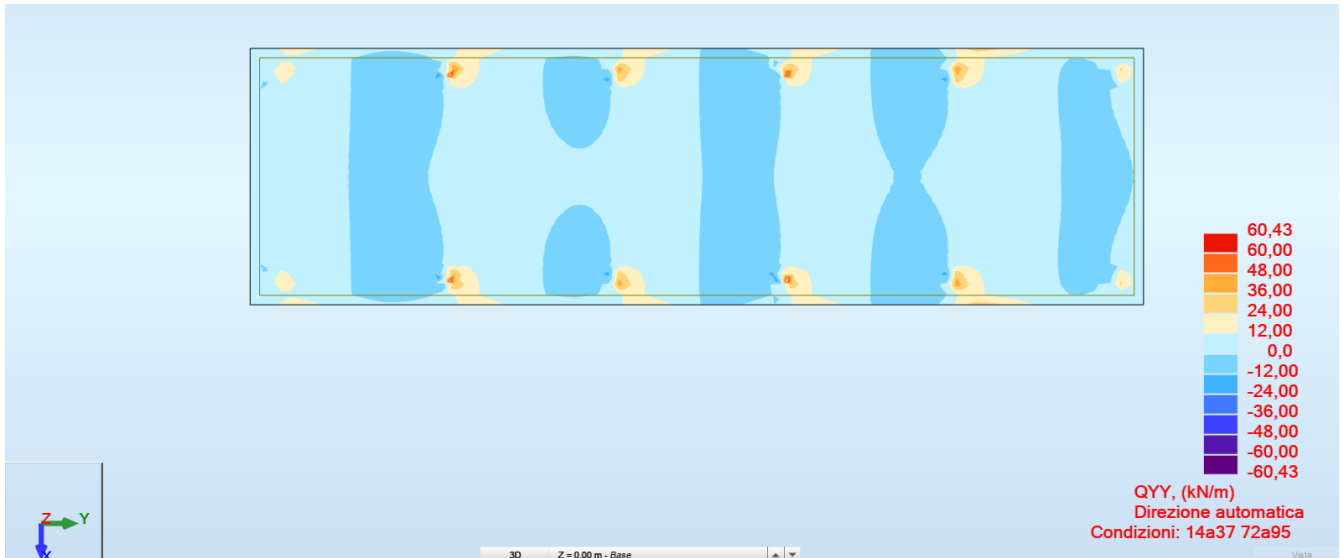


FIG. 29 – MAPPA QYY + - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

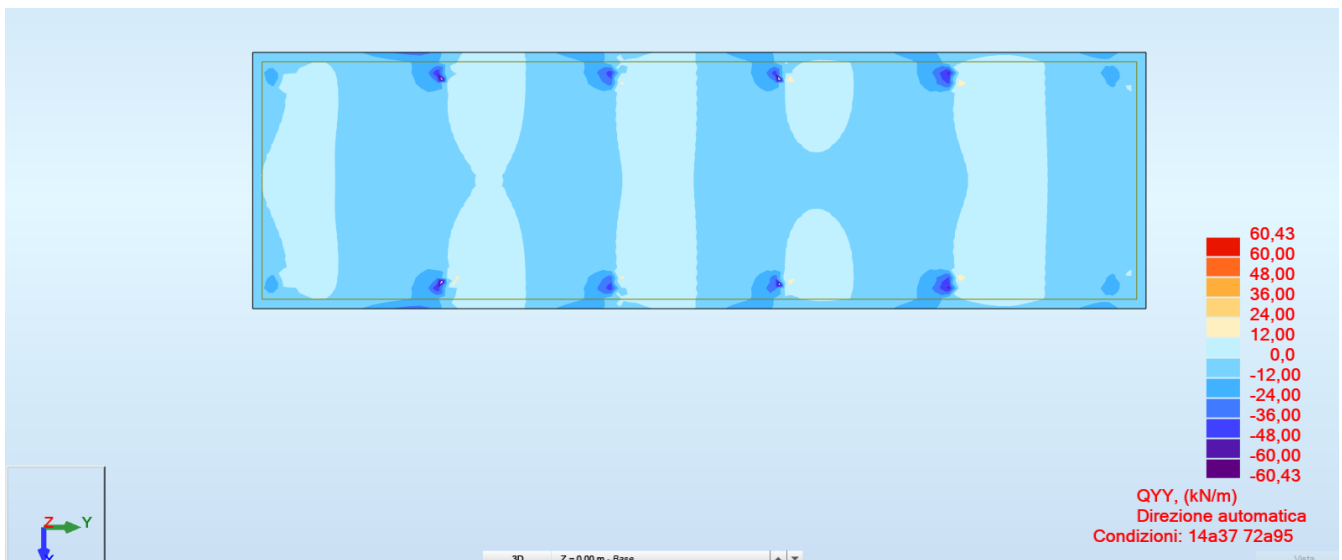


FIG. 30 – MAPPA QYY - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

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	$A_c = 300000 \text{ mm}^2$
d = 25 cm	k = 1,8944
$b_w = 100 \text{ cm}$	$\rho_l = 0,0023$
$A_{sl} = 5,65 \text{ cm}^2$	
$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	$k_1 = 0,15$
$\gamma_c = 1,5$	$v_{min} = 0,4563$
	$C_{Rd,c} = 0,12$
$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$	$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$

Ultimate design shear resistance

(6.2.a) : $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_{wd} = 101,2 \text{ kN}$

$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_{wd} = 114,1 \text{ kN}$

$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$ $V_{Rd,c} = 114,1 \text{ kN}$

$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$

$k = 1 + (200/d)^{1/2}$ with d in mm

$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$

A_{sl} = tensile longitudinal reinforcement area

b_w = minimum depth of the section

A_c = concrete section area

N_{Ed} = axial force due to the loads or to the pre-compression
($N_{Ed} > 0$ compression)

σ_{cp} = compr. stress at the center of concr. sect. due to axial force N_{Ed}

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.

$$V_{Rd,c} 300\text{mm} = 114,1\text{kN} > V_{Sd,max} = 84\text{kN} \text{ Taglio massimo riportato nelle mappe}$$

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.

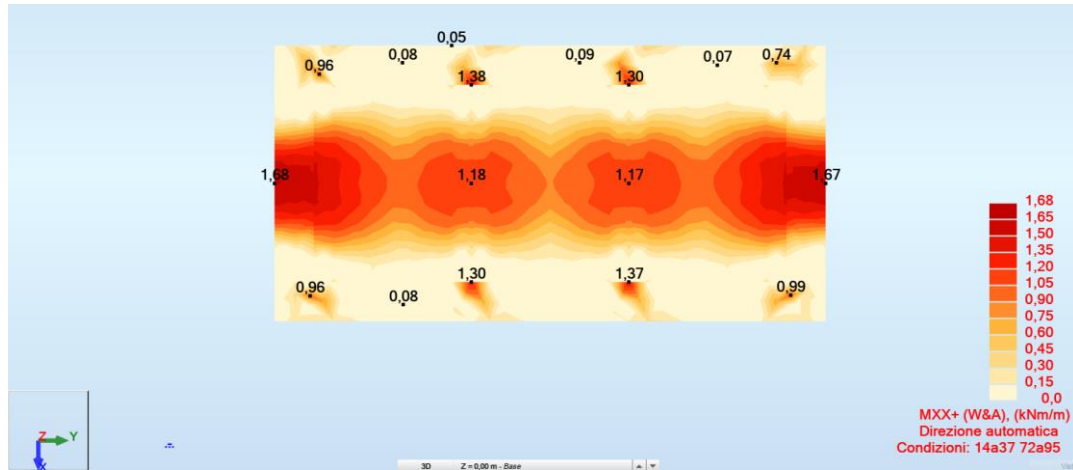


FIG. 31 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

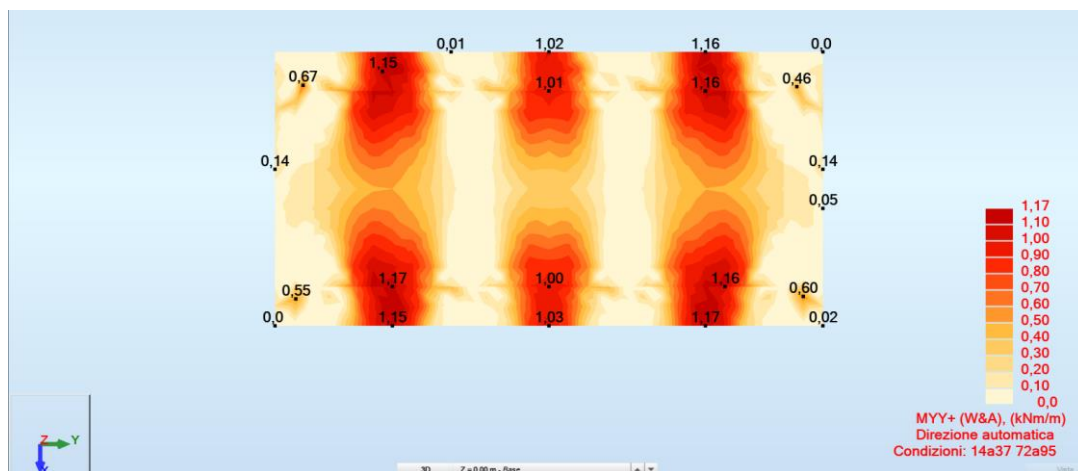


FIG. 32 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

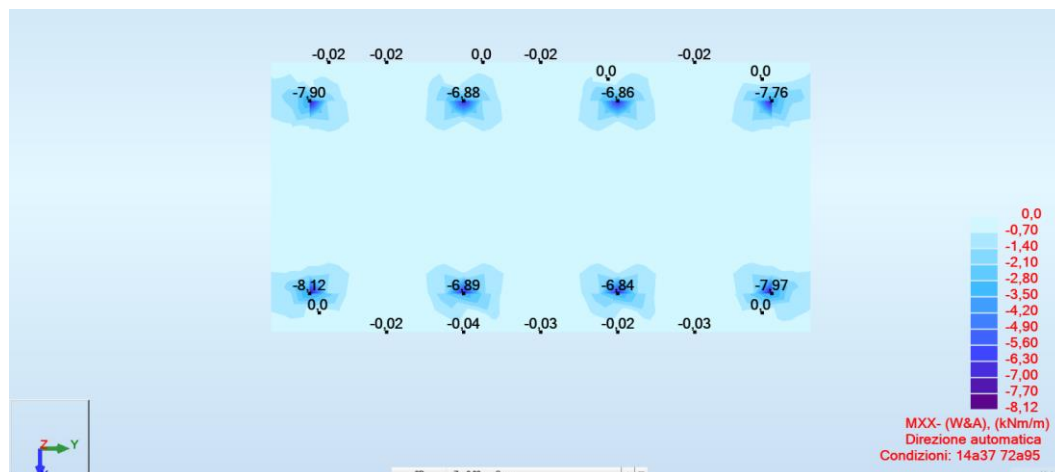


FIG. 33 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

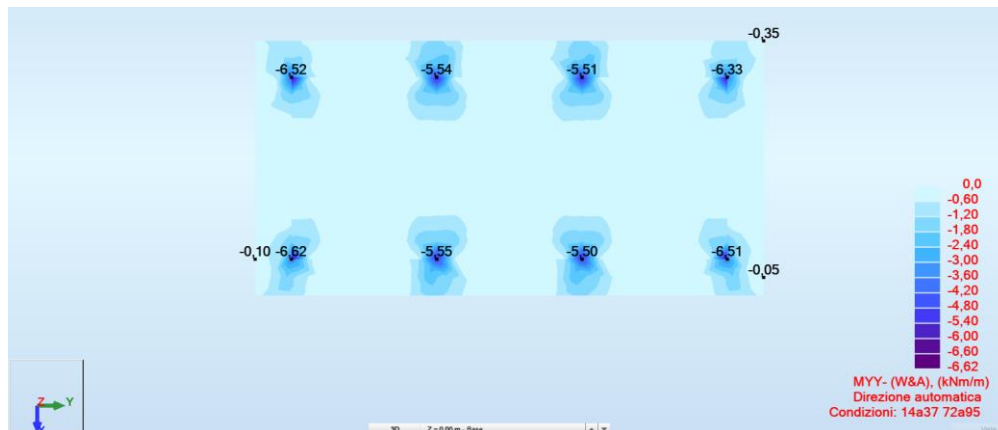


FIG. 34 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

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

FIG. 35 – MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA $\varnothing 12/200$ MM

$$M_{Rd} = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd, \max} = 8.12 \text{ kNm}$$

Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/8.12 = 7.18 > 1$$

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

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

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

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

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

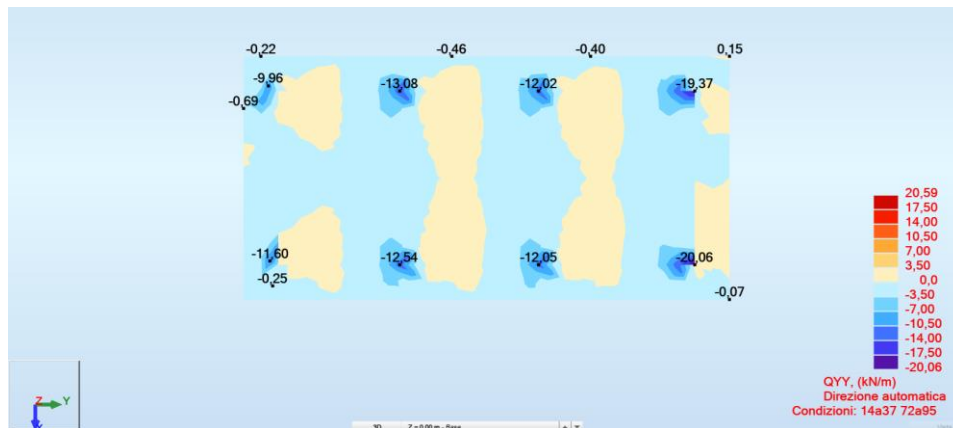


FIG. 39 – MAPPA QYY - MAPPA DEL TAGLIO SOLLECITANTE

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	$A_c = 300000 \text{ mm}^2$
d = 25 cm	$K = 1.8944$
$b_w = 100 \text{ cm}$	$\rho_l = 0.0023$
$Asl = 5.65 \text{ cm}^2$	
$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	$K_1 = 0.15$
$\gamma_c = 1.5$	$V_{min} = 0.4563$
	$C_{Rd,c} = 0.12$
$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$	$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$

Ultimate design shear resistance

(6.2.a) : $V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + K_1 \sigma_{cp}] b_w d = 101.2 \text{ kN}$
 $V_{Rd,c} = (V_{min} + K_1 \sigma_{cp}) b_w d = 114.1 \text{ kN}$
 $V_{Rd,c} = 114.1 \text{ kN}$

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c$
 $V_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$
 $k = 1 + (200/d)^{1/2}$ with d in mm
 $\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$
 A_{sl} = tensile longitudinal reinforcement area
 b_w = minimum depth of the section
 A_c = concrete section area
 N_{Ed} = axial force due to the loads or to the pre-compression
 ($N_{Ed} > 0$ compression)
 σ_{cp} = compr. stress at the center of concr. sect. due to axial force N_{Ed}

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.

$$V_{Rd,c} 300\text{mm} = 114.1\text{kN} > V_{Sd,max} = 25.71\text{kN}$$

Taglio massimo riportato nelle mappe

VERIFICHE DI STABILITA'

Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento è stata eseguita considerando un angolo di resistenza al taglio pari a $\phi = 35^\circ$ e la seguente formulazione:

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

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

Fondazione – SW Station	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T						
Som.di forz.	112	0	333	112,0	130,6	1,17

Fondazione – Trasformatore	FX [kN]	FY [kN]	FZ [kN]	Ved [kN]	VRd [kN]	F.S.
G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV)						
Som.di forz.	32	10	256	33,5	69,7	2,08

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.

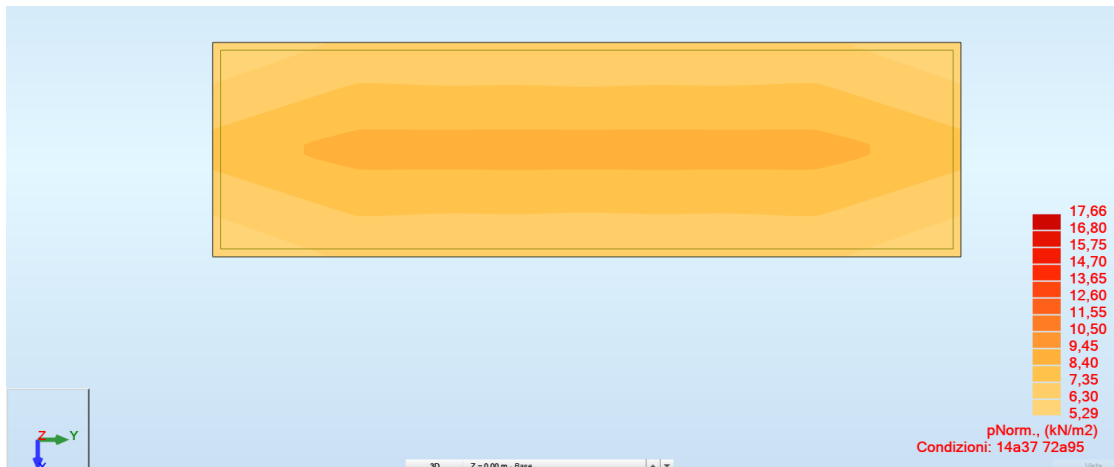


FIG. 40 – PRESSIONI SUL TERRENO – INVILUPPO COMBINAZIONI SLU (EQU) – FONDAZIONE – SW STATION

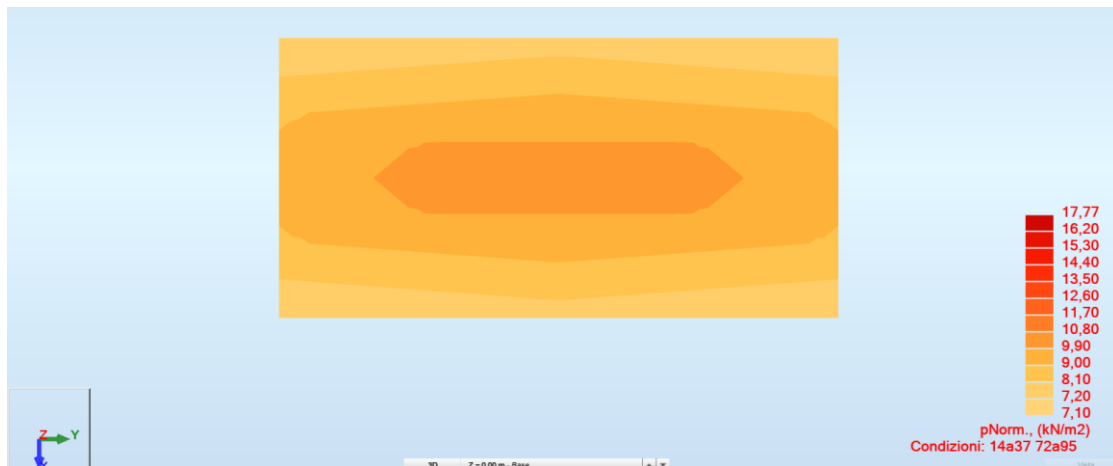


FIG. 41 – PRESSIONI SUL TERRENO – INVILUPPO COMBINAZIONI SLU (EQU) – FONDAZIONE – TRASFORMATORE

Verifica a Capacità Portante

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

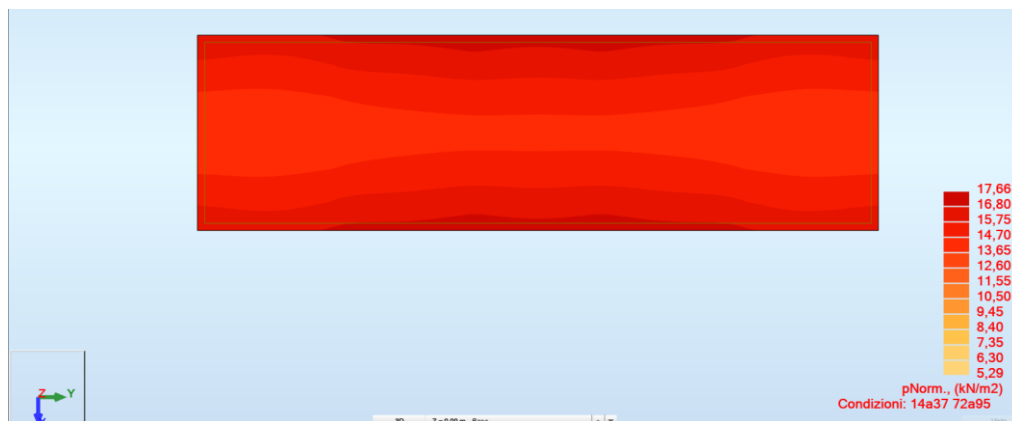


FIG. 42 – INVILUPPO DELLE PRESSIONI NELLE COMBINAZIONI SLU – SLV – FONDAZIONE – SW STATION

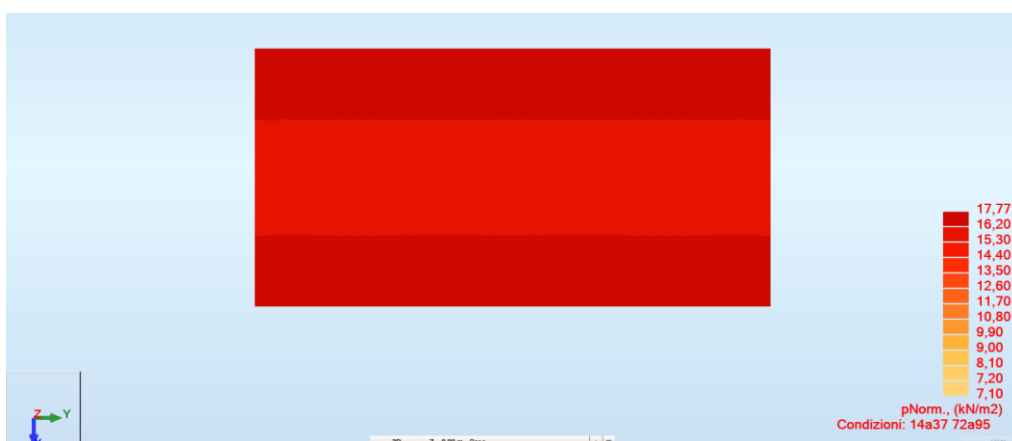


FIG. 43 – INVILUPPO DELLE PRESSIONI NELLE COMBINAZIONI SLU – SLV – FONDAZIONE – TRASFORMATORE

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

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

Verifica delle tensioni di esercizio

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

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

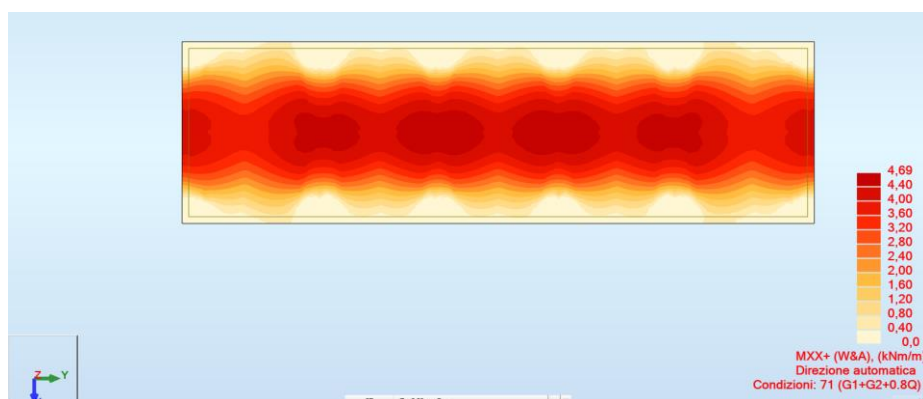


FIG. 44 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

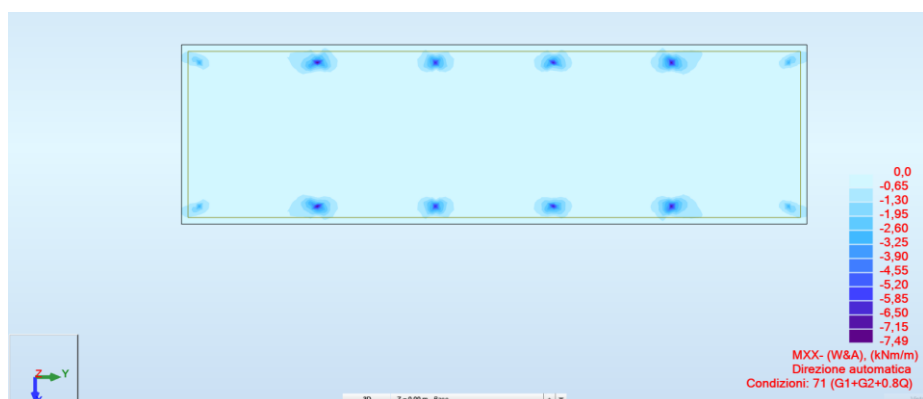


FIG. 45 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

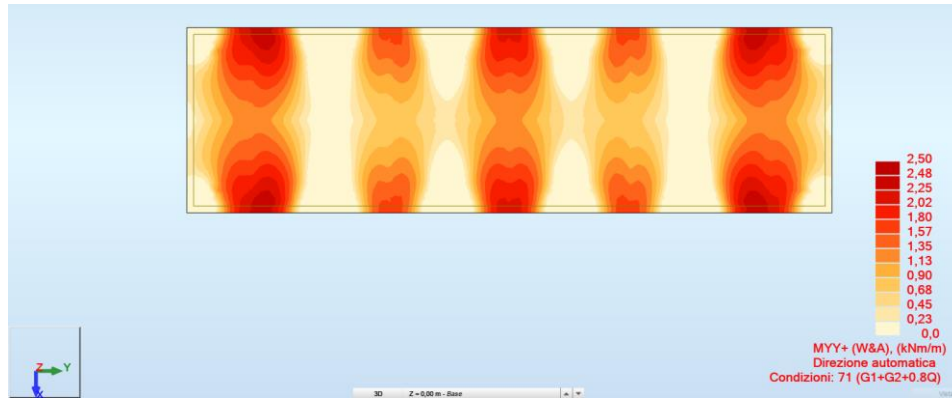


FIG. 46 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

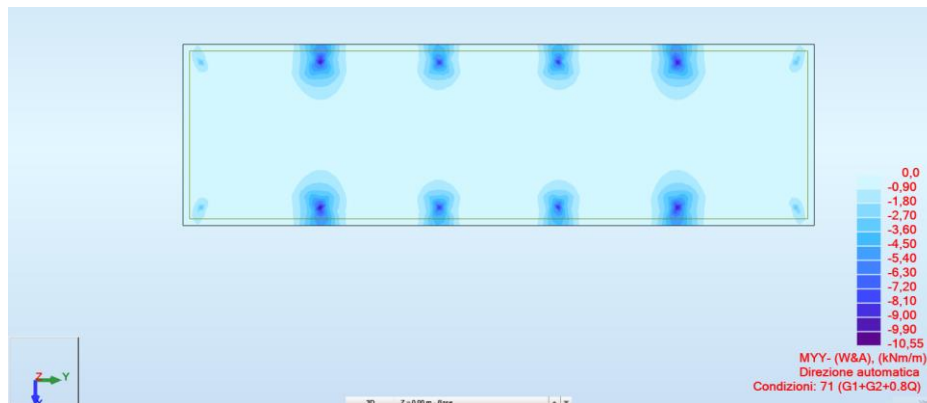


FIG. 47 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento $M_x = 11 \text{ kNm/m}$ 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/mmq		
σs	84,5 N/mmq		
kt	0,4	carico di lunga durate ▼	
fctm	2,94 N/mmq		
As	5,65 cmq	5ø12	
c	50 mm	copriferro	
d	25 cm		
x	5,64 cm		
hc,ef	8,1 cm		
Ac,ef	812,1 cmq		
pp,eff	0,007		
Ecm	33019 N/mmq		
αe	6,360		
εsm	-0,00044		
0.6(σs/Es)	0,00024		
k1	0,8	Barre Ad. Migl. ▼	
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δsmax	462,97 mm		
wd	0,112 mm	Sezione verificata	

$$\sigma_c \sim 1.64 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 85 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.112 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°63-70

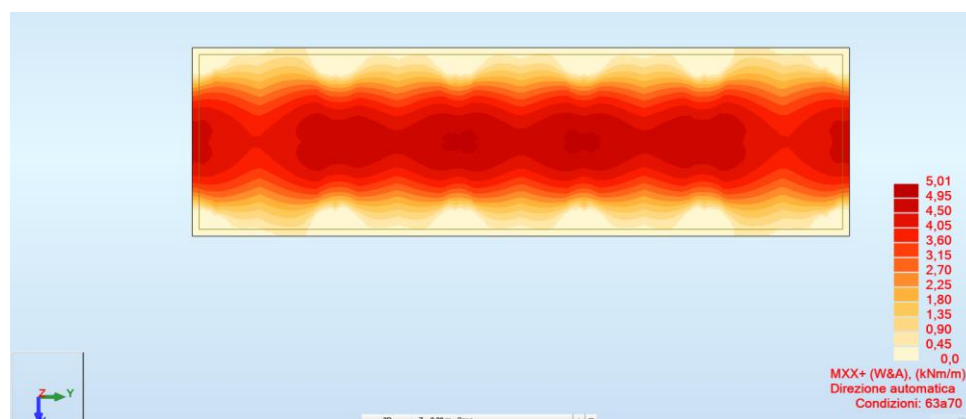


FIG. 48 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

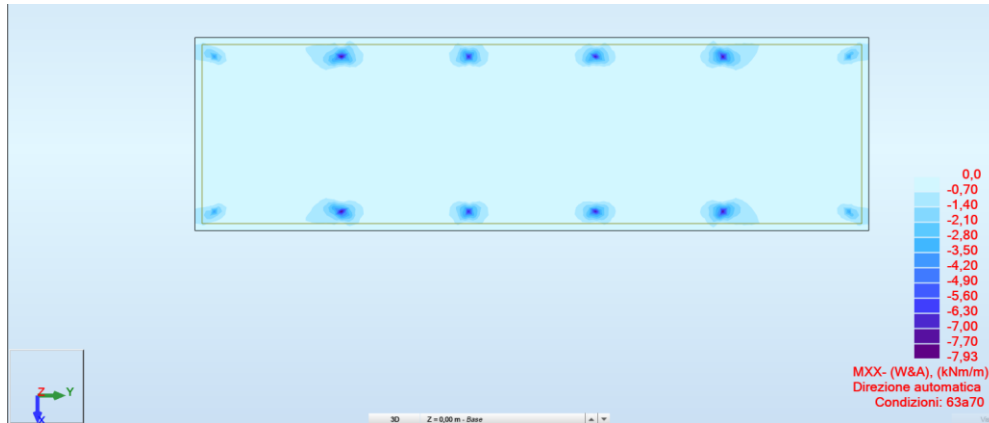


FIG. 49 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

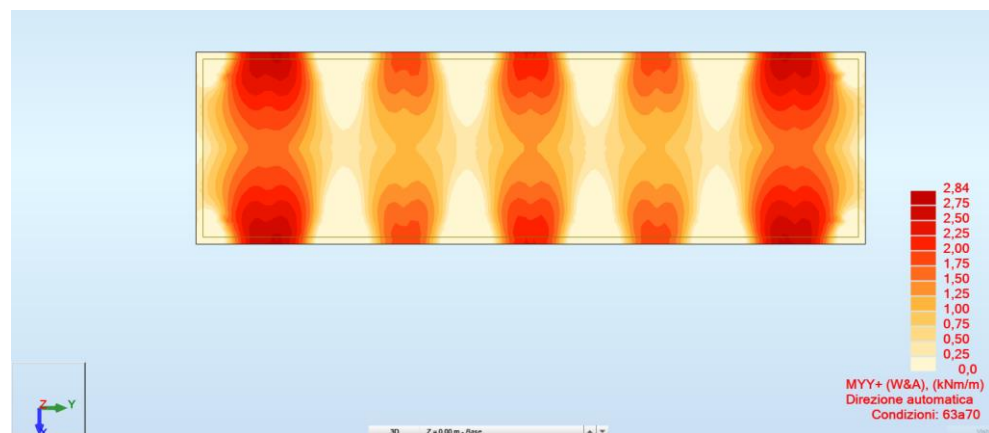


FIG. 50 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

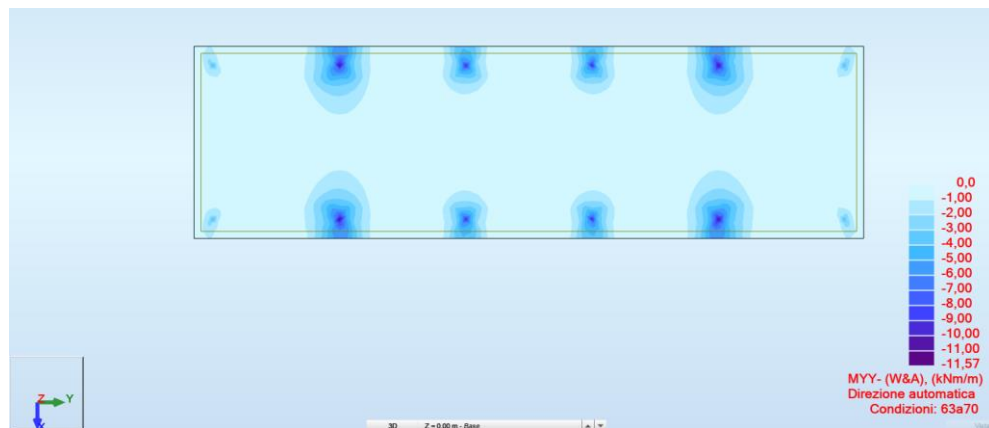


FIG. 51 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

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	0,40 mm	Comb SLE Freq ▼	
b	100 cm		
h	30 cm		
Es	210000 N/mm ²		
σs	92,2 N/mm ²		
kt	0,4	carico di lunga durata ▼	
fctm	2,94 N/mm ²		
As	5,65 cm ²	5ø12	
c	50 mm	copriferro	
d	25 cm		
x	5,64 cm		
hc,ef	8,1 cm		
Ac,ef	812,1 cm ²		
pp,eff	0,007		
Ecm	33019 N/mm ²		
αe	6,360		
εsm	-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 → w3 = 0.4mm

Combinazioni quasi permanenti → w2 = 0.3mm

Verifica delle tensioni di esercizio

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

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

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

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

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

Nel seguito si riportano le mappe degli involuipi dei momenti flettenti composti secondo Wood & Armer (il metodo consiste ne comporre i momenti flettenti mxx con mxy e myy con mxy) 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

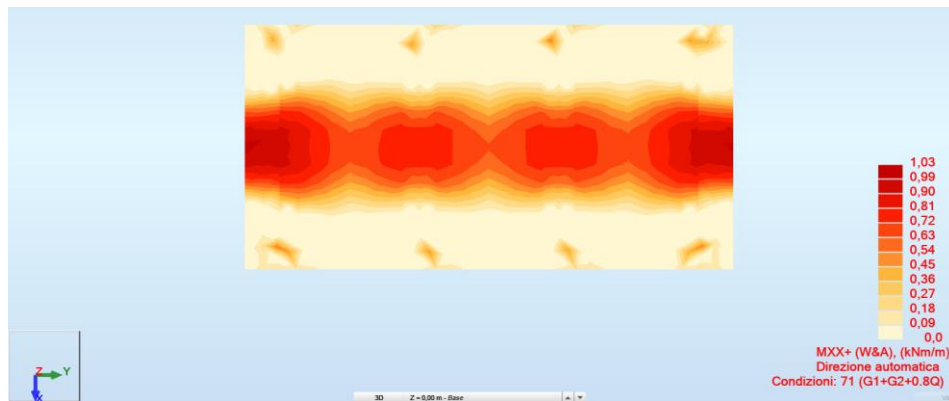


FIG. 52 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE



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

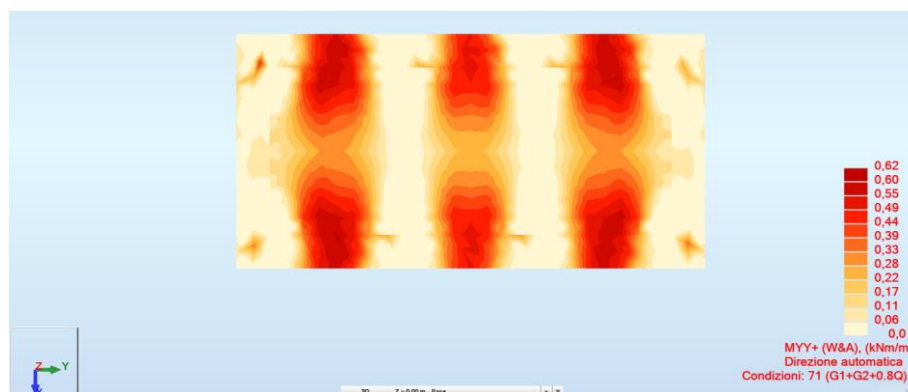


FIG. 54 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

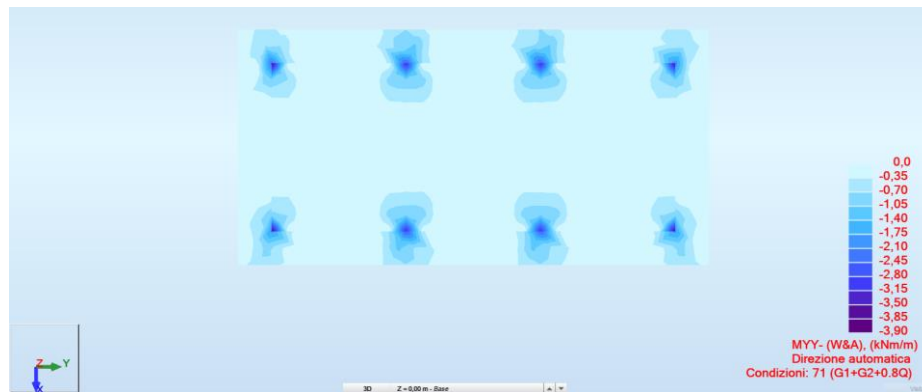


FIG. 55 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento $M_x = 6 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)			
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq	▼
b	100 cm		
h	30 cm		
Es	210000 N/mm ²		
σs	46,1 N/mm ²		
kt	0,4	carico di lunga durata	▼
fctm	2,56 N/mm ²		
As	5,65 cm ²	5ø12	
c	50 mm	copriferro	
d	25 cm		
x	5,64 cm		
hc,ef	8,1 cm		
Ac,ef	812,1 cm ²		
ρp,eff	0,007		
Ecm	31447 N/mm ²		
αe	6,678		
εsm	-0,00051		
0.6(σs/Es)	0,00013		
k1	0,8	Barre Ad. Migl.	▼
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δsmax	462,97 mm		
wd	0,061 mm	Sezione verificata	

$$\sigma_c \sim 0.89 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 46 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.061 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

Combinazione frequente SLE: Combinazione da n°63-70

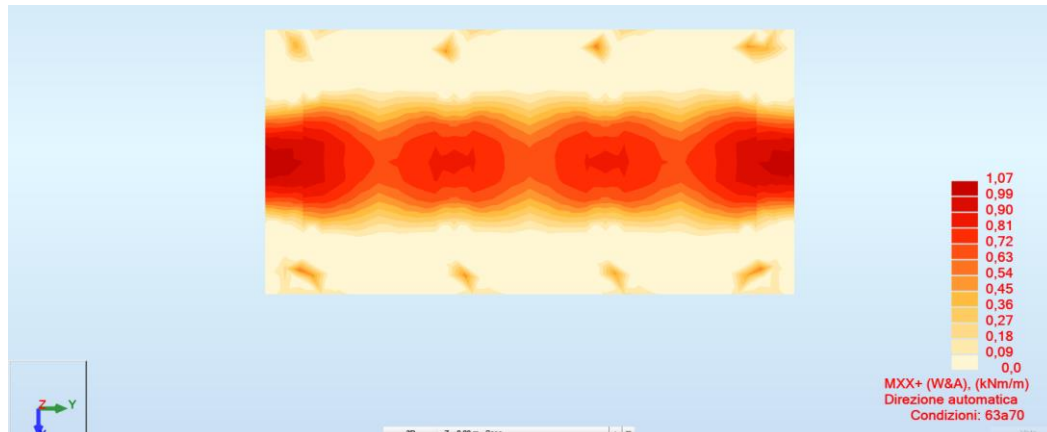


FIG. 56 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

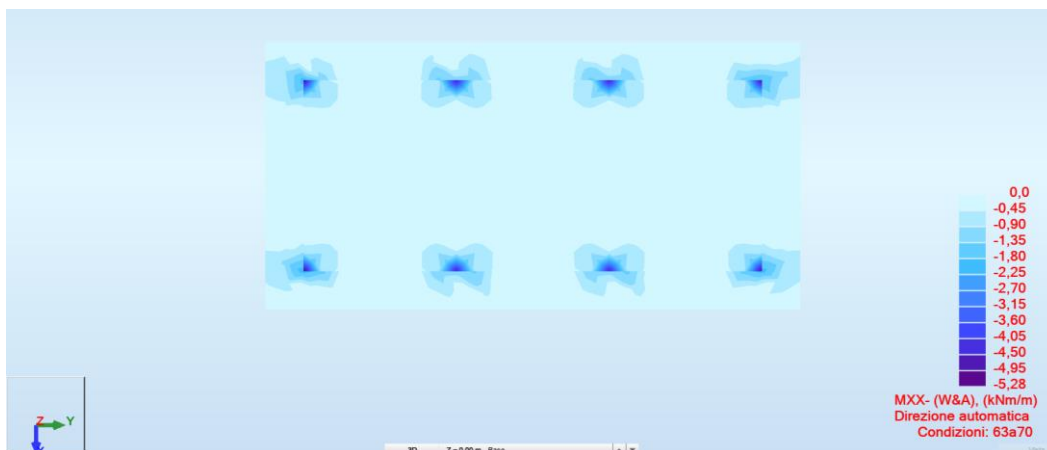


FIG. 57 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

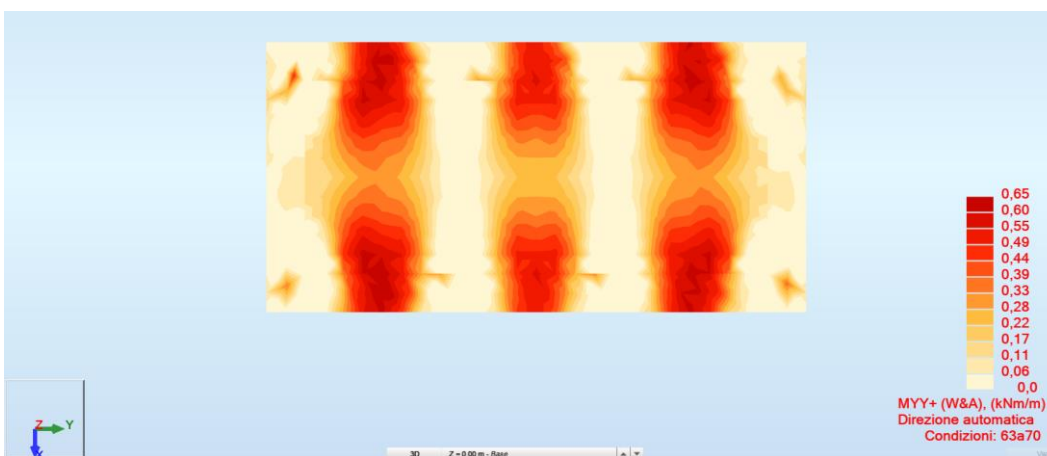


FIG. 58 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE



FIG. 59 – 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 $M_x = 6\text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

Verifica della sezione a fessurazione (SLE)			
wlim	0,40 mm	Comb SLE Freq	
b	100 cm		
h	30 cm		
Es	210000 N/mm ²		
σ_s	46,1 N/mm ²		
kt	0,4	carico di lunga durata	
fctm	2,56 N/mm ²		
As	5,65 cm ²	5ø12	
c	50 mm	copriferro	
d	25 cm		
x	5,64 cm		
hc,ef	8,1 cm		
Ac,ef	812,1 cm ²		
pp,eff	0,007		
Ecm	31447 N/mm ²		
α_e	6,678		
ϵ_{sm}	-0,00051		
$0.6(\sigma_s/E_s)$	0,00013		
k1	0,8	Barre Ad. Migl.	
k2	0,50		
k3	3,4		
k4	0,425		
Δs_{max}	462,97 mm		
w _d	0,061 mm	Sezione verificata	

$$\sigma_c \sim 0.89 \text{ N/mm}^2 < 0.6 \times f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 46 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.061 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

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

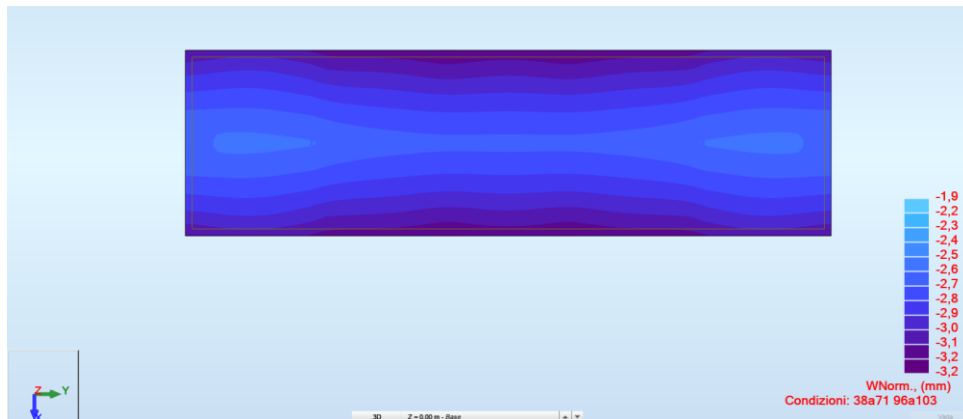


FIG. 60 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – SW STATION

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

$w_{max} = 3.2\text{mm}$

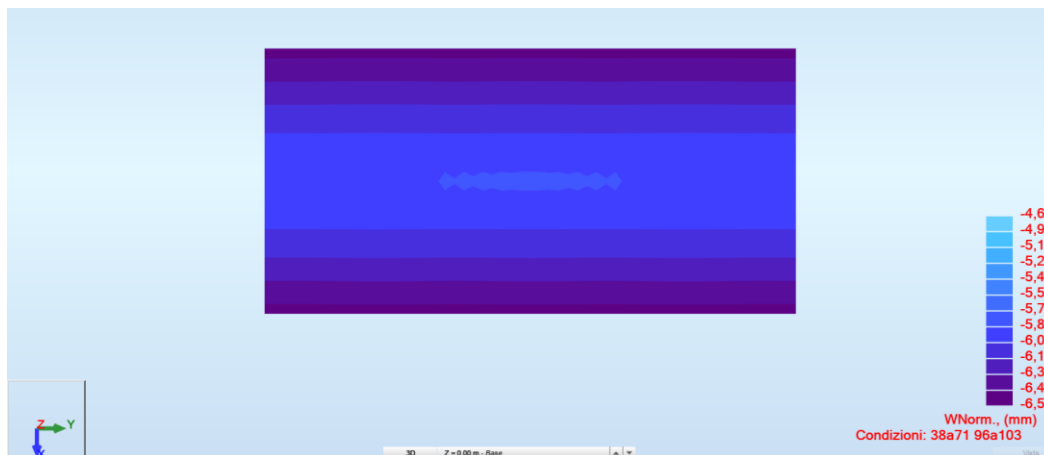


FIG. 61 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – TRASFORMATORE/INVERTER

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

$w_{max} = 6.5\text{mm}$

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 rigidità per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica.

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

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

ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

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

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.



VERIFICATION EXAMPLE

Tension of perforated membrane - SSLP02

Name of the test:

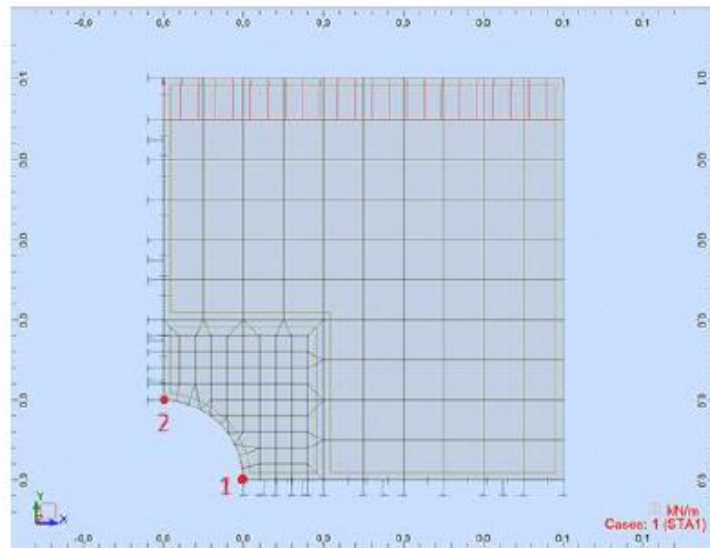
SSLP02

Reference:

AFNOR

Specification: Simple tension of perforated membrane.

GEOMETRY: $\frac{1}{4}$ of a model analyzed (due to symmetry) with a mesh 10x10



DATA FILE SSLP02.rtd

COMPARISON:

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

CONCLUSION:

Poor agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Rectangular plate: cantilever slab - SSLS01

Name of the test:

SSLS01

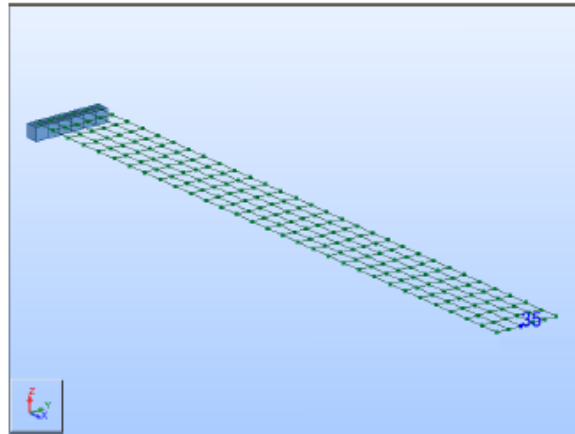
Reference:

AFNOR

Specification:

Cantilever slab under uniform pressure

GEOMETRY:



DATA FILE

SSLS01.rtd

COMPARISON:

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

CONCLUSION:

Excellent agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Simply supported square plate - SSLS02

Name of the test:

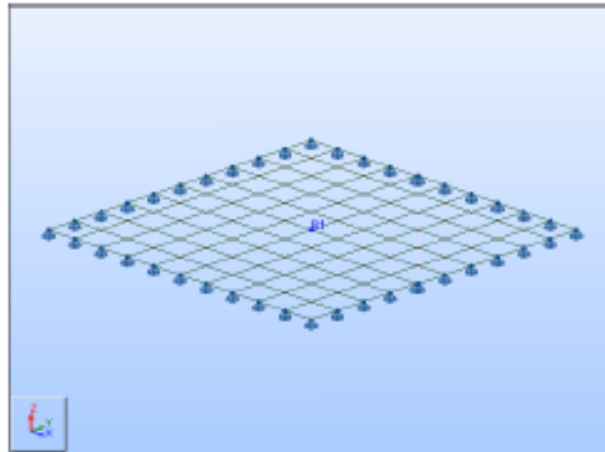
SSLS02

Reference:

AFNOR

Specification: Simply supported square plate under self weight.

GEOMETRY:



DATA FILE: SSLS02.rtd

COMPARISON:

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

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

CONCLUSION:

Excellent agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Circular plate under uniform load - SSLS03

Name of the test:

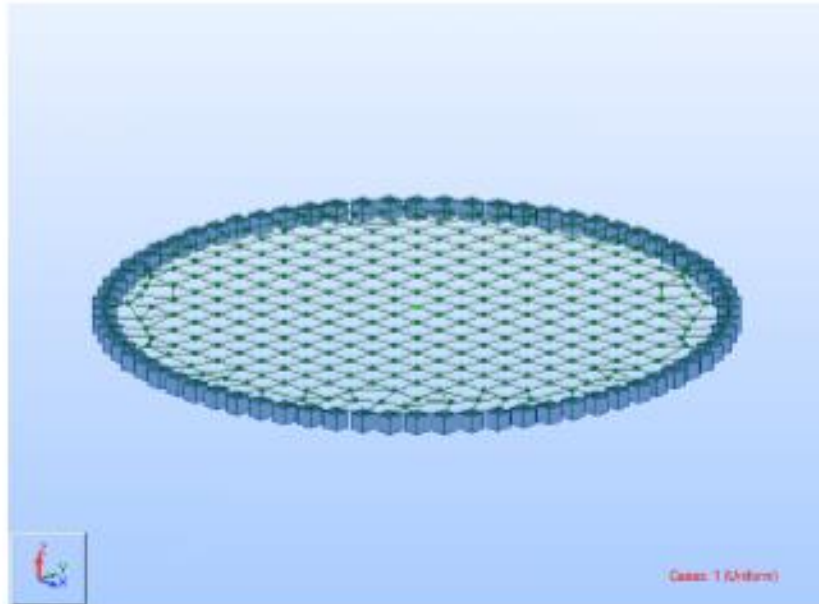
SSLS03

Reference:

AFNOR

Specification: Circular plate with clamped edges under uniform load

GEOMETRY:



DATA FILES: SSLS03.rtd

COMPARISON:

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

CONCLUSION:

Very good agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Thin-walled cylinder under uniform radial pressure - SSLS06

Name of the test:

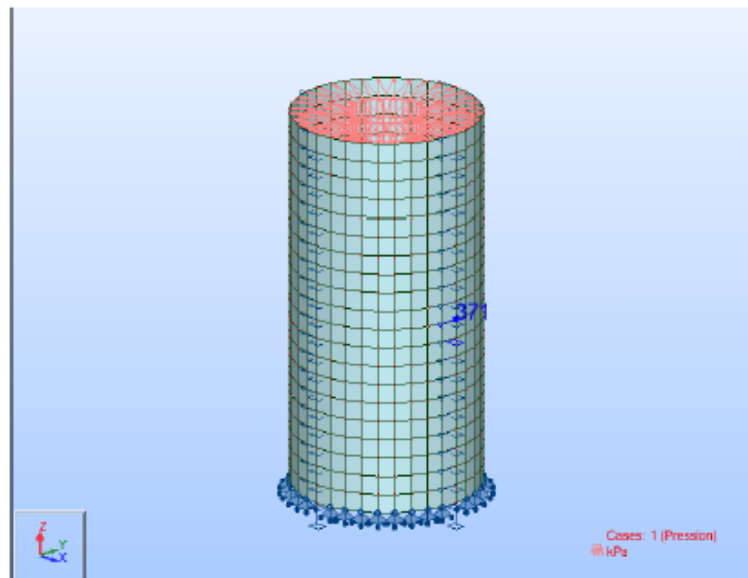
SSLS06

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.