



IMPIANTO AGRIVOLTAICO E OPERE DI CONNESSIONE “LA GIAROLA”

POTENZA IMPIANTO 9,11 MWp - COMUNE DI REGGIO EMILIA (RE)

Proponente

ATLAS SOLAR 18 S.R.L.

VIA ANDREUZZI 12 - 33100 UDINE (UD) - P.IVA: 03125930309 - PEC: atlassolar18@pec.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

Titolo Elaborato

Relazione tecnica struttura

| LIVELLO PROGETTAZIONE | CODICE ELABORATO | FILE NAME | DATA |
|-----------------------|------------------|---|------------|
| DEFINITIVO | PD_REL20 | 24HRO110_PD_REL20.00-Relazione tecnica struttura.docx | 30/06/2025 |

Revisioni

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|-------|--------------------------|----------|------------|-----------|
| 0 | 06/25 | EMISSIONE PER PERMITTING | BKA | LBO | ARU |

| Proponente | Progettista |
|---|--|
|  HERON ENERGY INVESTMENTS COMPANY |  incico advanced integrated engineering |

Relazione tecnica struttura

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. OPERA IN ACCIAIO | 1 |
| 1.1 Premessa | 1 |
| 1.2 Introduzione | 2 |
| 1.3 Normative e documenti di riferimento..... | 3 |
| 1.4 Materiali | 4 |
| 1.5 Carichi Elementari..... | 5 |
| 1.6 Combinazioni di carico | 8 |
| 1.7 Programma di calcolo | 10 |
| 1.8 Modello di calcolo | 12 |
| 1.9 Verifiche allo SLU dei profili piu sollecitati | 16 |
| 2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA | 18 |
| 2.1 Premessa..... | 18 |
| 2.2 Introduzione: | 18 |
| 2.3 Normative e documenti di riferimento..... | 19 |
| 2.4 Materiali | 20 |
| 2.5 Carichi elementari..... | 21 |
| 2.6 Carichi Cabinati..... | 22 |
| 2.7 Combinazioni di carico:..... | 30 |
| 2.8 Programma di calcolo | 31 |
| 2.9 Parametri Geotecnici:..... | 33 |
| 2.10 Modello di calcolo | 34 |
| 2.11 Carichi applicate e combinazione di carico..... | 47 |
| 2.12 Dati di output..... | 52 |
| 3. CONCLUSIONI | 89 |

1. OPERA IN ACCIAIO

1.1 Premessa

Scopo del presente documento è quello di illustrare i criteri progettuali e le principali caratteristiche tecniche relative alla costruzione di un impianto agrivoltaico associato alla proponente Società Atlas Solar 18 s.r.l. con sede in Via Andreuzzi, 12 Udine (UD).

Tutte le parti di impianto oggetto della presente valutazione saranno realizzate nel territorio del comune di Reggio Emilia (RE), con moduli installati su strutture Tracker direttamente infisse nel terreno senza l'ausilio di elementi in calcestruzzo, sia prefabbricato che gettato in opera.



Figura 1 – Vista satellitare dell'impianto

1.2 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:

- Ø273x6.30 mm hanno una lunghezza totale di metri 7.37 m sono infissi nel terreno 4.50m partendo dalla quota campagna.
- Ø323x6.30 mm hanno una lunghezza totale di metri 6.87 m sono infissi nel terreno 4.00m partendo dalla quota campagna.

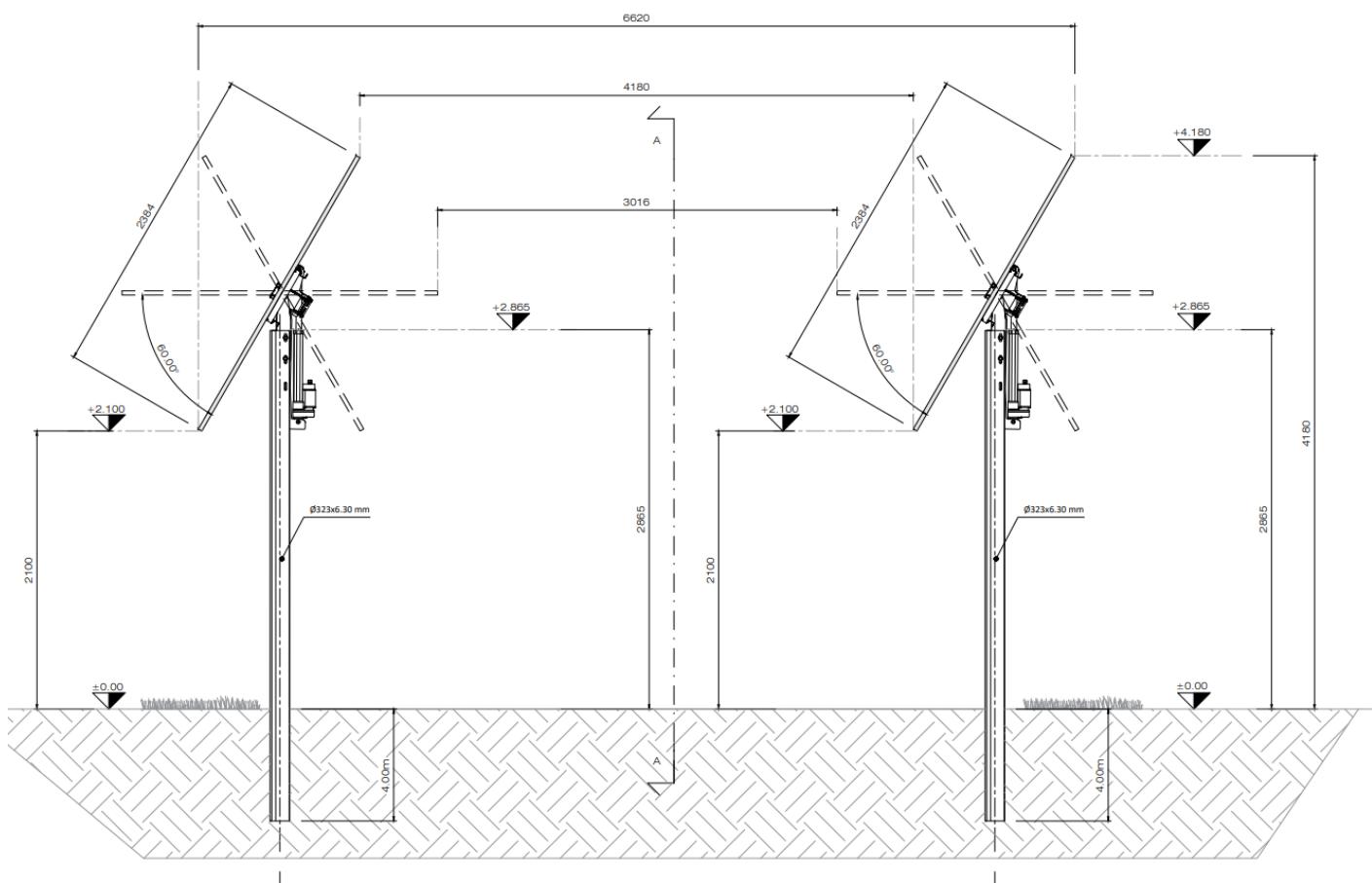
La fondazione è realizzata mediante pali battuto in acciaio di qualità S275 JR con sezione Ø273x6.30 mm è lunghezza 7.37 m.

La fondazione è realizzata mediante pali battuto in acciaio di qualità S275 JR con sezione Ø323x6.30 mm è lunghezza 6.87 m.

I moduli fotovoltaici saranno installati in 1 fila, configurazione 1V, con il lato inferiore ad una quota di 2.10 metri dal piano campagna in tal modo l'altezza massima dei moduli, corrispondente ad una inclinazione di 60°, sarà di circa 4.20 metri. Il pitch, ovvero l'interdistanza tra le strutture, sarà di 5.4 metri.

La struttura utilizzata nel presente progetto sarà essenzialmente configurata con la seguente formazione:

- Stringa 1x28 moduli a cui corrispondono strutture di lunghezza circa 37.34 metri.



L'analisi statica della fondazione in oggetto è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti (Robot Structural Analysis Professional 2024 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; pag. 3 | BIO3 PV HYDRONGEN S.R.L. | P.IVA: 08695720725 | Sede Legale: Via Giovanni Bovio 84 |



76014 Spinazzola | Italia | PEC: bio3pvhydrogen@pec.it | - 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 | <i>SLO</i> | | | | | RIG | | FUN |
| | <i>SLD</i> | RIG | RIG | | | RES | | |
| SLU | <i>SLV</i> | RES | RES | STA | STA | RES | STA | STA |
| | <i>SLC</i> | | 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 (duttilità) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

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

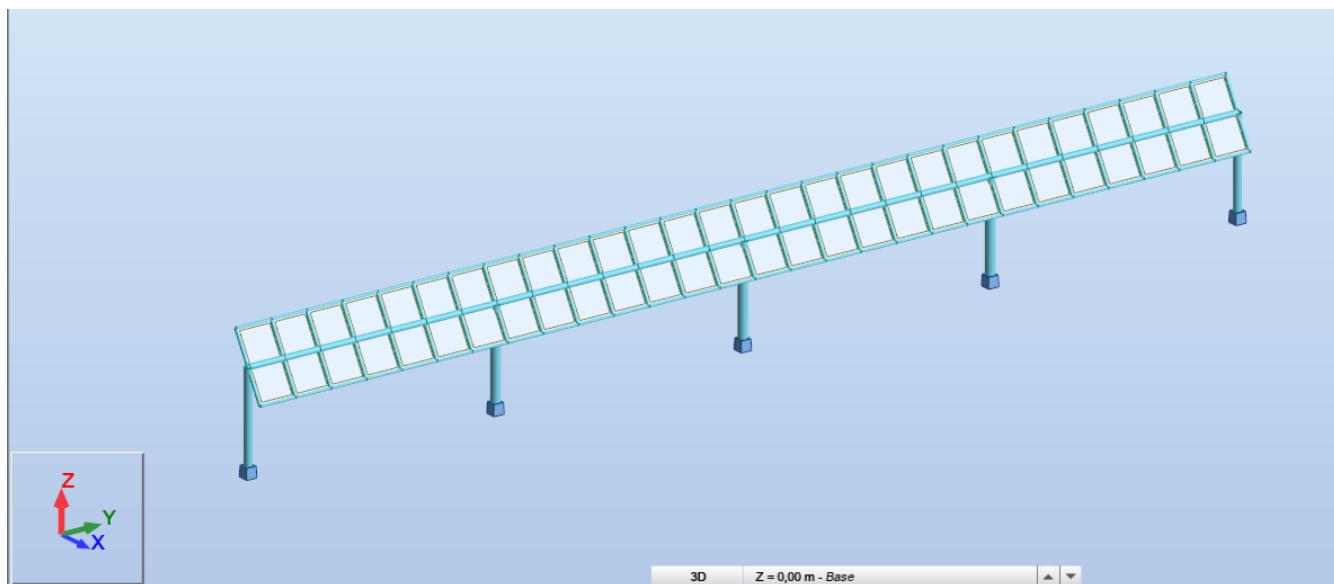


Fig2. - Struttura a sostegno dei tracker – 3D modello di calcolo

1.3 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"

1.4 Materiali

Acciaio per strutture metalliche

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

Tutte le strutture metalliche devono essere zionate 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 10365 | UNI EN 10094 |
| Profili ad I laminati a caldo ad alta rastremata | | UNI EN 10365 | UNI EN 10024 |
| Profili a C o U | | UNI EU 54 | UNI EN 10279 |
| Angolari | | UNI EN 10056-1 | UNI EN 10056-2 |
| Sezioni a T | UNI EN 10025-1/6 Per quanto applicabili (1) | 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, 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);
 S235JOW, S235J2W, S355JOW, S355J2W (UNI EN 10025-5, acciai con resistenza alla corrosione maggiorata).
 (2) Tolleranze sullo spessore: Classe B; per serbatoi e lamiere: 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 |
| $\Delta \text{min} \geq 21\%$ | allungamento a rottura |
| $\alpha = 12E-6 \text{ }^{\circ}\text{C}-1$ | 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 | | | |
| 4.8 | 4; 5; 6 oppure 8 | | |
| 5.6 | | 100 HV min. | |
| 5.8 | 5; 6 oppure 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

$f_yk=640 \text{ MPa}$ tensione caratteristica a snervamento

$f_{tk}=800 \text{ MPa}$ 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.

1.5 Carichi Elementari

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

- LISTA CONDIZIONE 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 $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$

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

- CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G2)

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

MECHANICAL DATA

| Specification | Data |
|------------------------------------|--|
| Cell Type | TOPCon cells |
| Cell Arrangement | 132 [2 x (11 x 6)] |
| Dimensions | 2384 x 1303 x 33 mm (93.9 x 51.3 x 1.30 in) |
| Weight | 37.8 kg (83.3 lbs) |
| Front Glass | 2.0 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating |
| Back Glass | 2.0 mm heat strengthened glass |
| Frame | Anodized aluminium alloy |
| J-Box | IP68, 3 bypass diodes |
| Cable | 4.0 mm ² (IEC), 10 AWG (UL) |
| Cable Length (Including Connector) | 460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length* |
| Connector | T6 (IEC 1500V) or PV-KST4-EVO2/XY, PV-KBT4-EVO2/XY (IEC 1500V) or PV-KST4-EVO2A/xy, PV-KBT4-EVO2A/xy (IEC 1500V) |
| Per Pallet | 33 pieces |
| Per Container (40' HQ) | 561 pieces |

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

- 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 | Reggio Emilia (RE) |
| Regione | Emilia-Romagna |
| Zona | 2 |

($v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$, $a_0 = 750 \text{ m}$, $ks=0.45$).

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

Ove:

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

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

| | |
|-----------------------------------|---|
| Classe rugosità terreno | D (Area priva di ostacoli). |
| Altitudine | $a_s = 56 \text{ m s.l.m} < a_0 = 750 \text{ m}$ |
| Categoria esposizione | II ($kr = 0.19$, $z_0 = 0.05 \text{ m}$, $z_{min} = 4.0 \text{ m}$) |
| Velocità di riferimento | $vr = v_b \cdot Cr = 25.02 \text{ m/s}$ ($Tr = 50 \text{ anni} \Rightarrow Cr = 1$) |
| Pressione cinetica di riferimento | $qr = 0.5 \cdot vr^2 \cdot 1.25 = 391.20 \text{ N/m}^2$ |

Coefficiente di esposizione:

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

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

ct = 1

coefficiente di topografia

| | | | |
|--------------------------------------|----------|-------|----------|
| Coefficiente di esposizione minimo | Ce,min | 1.800 | Z<=4m |
| Coefficiente di esposizione al colmo | Ce, 4.5m | 1.87 | Z = 4.5m |

ce = 1.87 (per $z_{colmo} = 4.5$ m)

$$q = qb \cdot ce = 391.20 \times 1.87 = 731.544 \text{ N/m}^2 = 0.731 \text{ kN/m}^2$$

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

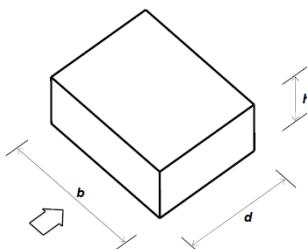
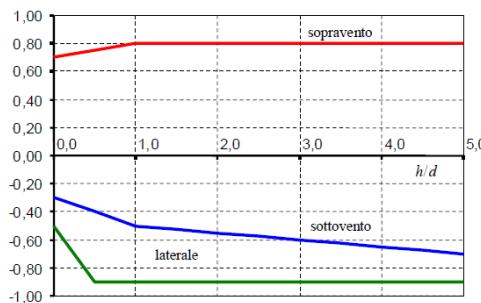


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

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

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

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

C3.3.8.2.1 Tetto a falda singola

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

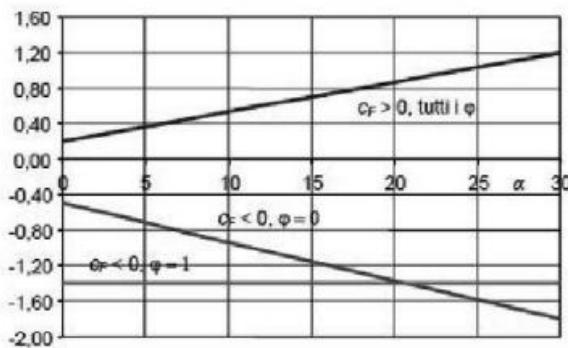


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

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

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

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

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

- **CARICO DA NEVE (N)**

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

$$qs = \mu_1 \cdot qsk \cdot CE \cdot Ct$$

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

Zona di carico della neve I - Mediterranea

$$qsk = 1.5 \text{ KN/m}^2$$

Altezza del sito sopra il livello del mare as = 56 m s.l.m < 200m

Coefficiente di esposizione CE = 1.0

Coefficiente termico Ct = 1

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

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

- **AZIONE SISMICA (E)**

Il Comune di Reggio Emilia (RE) è a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

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

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

T_R = V_R stato limite di danno (SLD)

T_R = 9.50 · 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.

1.6 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):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{11} + \gamma_{Q2} \cdot Q_{12} + \gamma_{Q3} \cdot Q_{13} + \dots \quad [2.5.1]$$
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{11} + \psi_{02} \cdot Q_{12} + \psi_{03} \cdot Q_{13} + \dots \quad [2.5.2]$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{11} + \psi_{12} \cdot Q_{12} + \psi_{13} \cdot Q_{13} + \dots \quad [2.5.3]$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{11} + \psi_{22} \cdot Q_{12} + \psi_{23} \cdot Q_{13} + \dots \quad [2.5.4]$$
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{31} \cdot Q_{11} + \psi_{32} \cdot Q_{12} + \dots \quad [2.5.5]$$
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{41} \cdot Q_{11} + \psi_{42} \cdot Q_{12} + \dots \quad [2.5.6]$$

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

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_i \cdot Q_{ij} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi Q_{ij} 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_i | Favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Stavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali $G_{i2}^{(1)}$ | Favorevoli | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Stavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevoli | γ_Q | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Stavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ 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_{ij} | Ψ_{j2} |
|---|----------------------------|-------------|-------------|
| 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 |
| 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

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

1.7 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 2024 di

| | |
|-------------|--|
| Titolo | Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024 |
| Autore | Autodesk Inc. |
| Produttore | Autodesk Inc. |
| Fornitore | Autodesk Inc. |
| Versione | 37.0.0.10095(x64) |
| Licenza no. | 563-61811595 |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

di valutazioni semplificati, etc..

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

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

Sistema di riferimento globale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per coordinate e spostamenti nodali e per i carichi applicati.

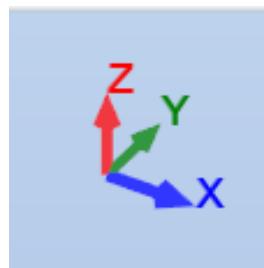


FIG. 3 – Sistema di riferimento globale modello 3d

Sistema di riferimento locale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per le azioni interne.

Unità di misura utilizzate: kN, kNm

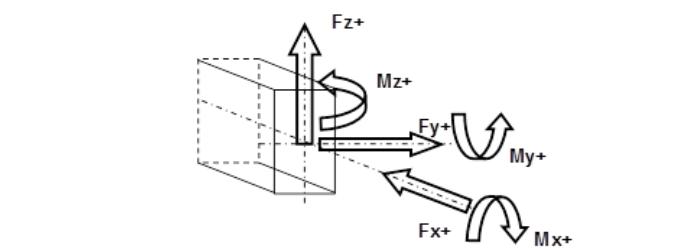
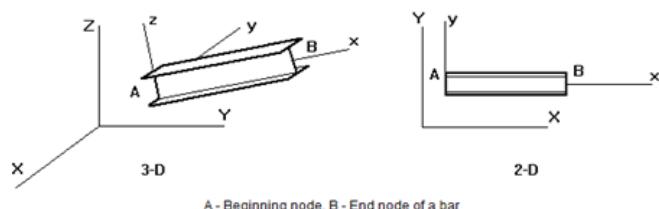


FIG. 4 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

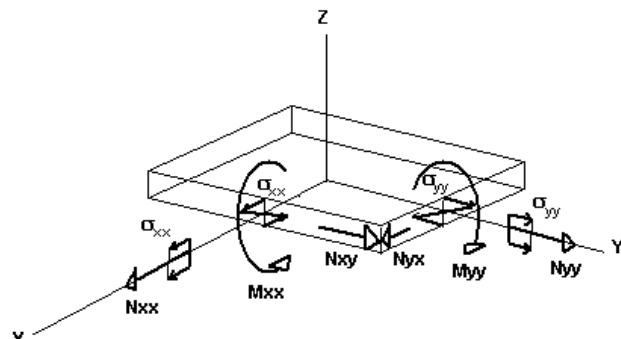


FIG. 5 –Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

1.8 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".

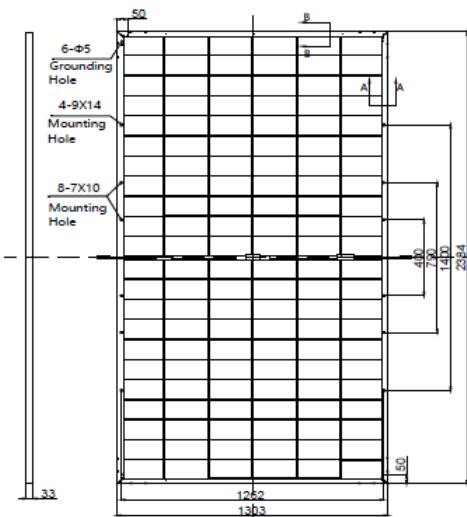
Il calcolo prevede un'analisi lineare dinamica (analisi modale) considerando l'85% di partecipazione delle masse.

Il telaio è costituito da profili saldati ed imbullonati.

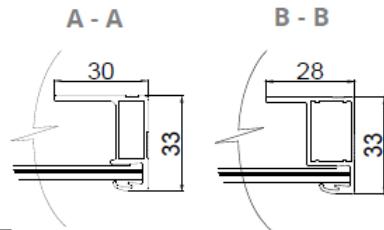
E' costituito da un colonne con un TOS di +4.20 m su cui andranno installati dei moduli di pannelli fotovoltaici con le seguenti caratteristiche

ENGINEERING DRAWING (mm)

Rear View



Frame Cross Section



Mounting Hole

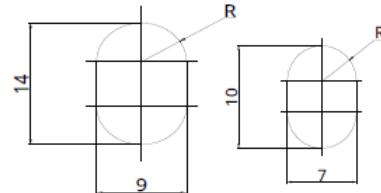


FIG. 6 –Datasheet Moduli PV

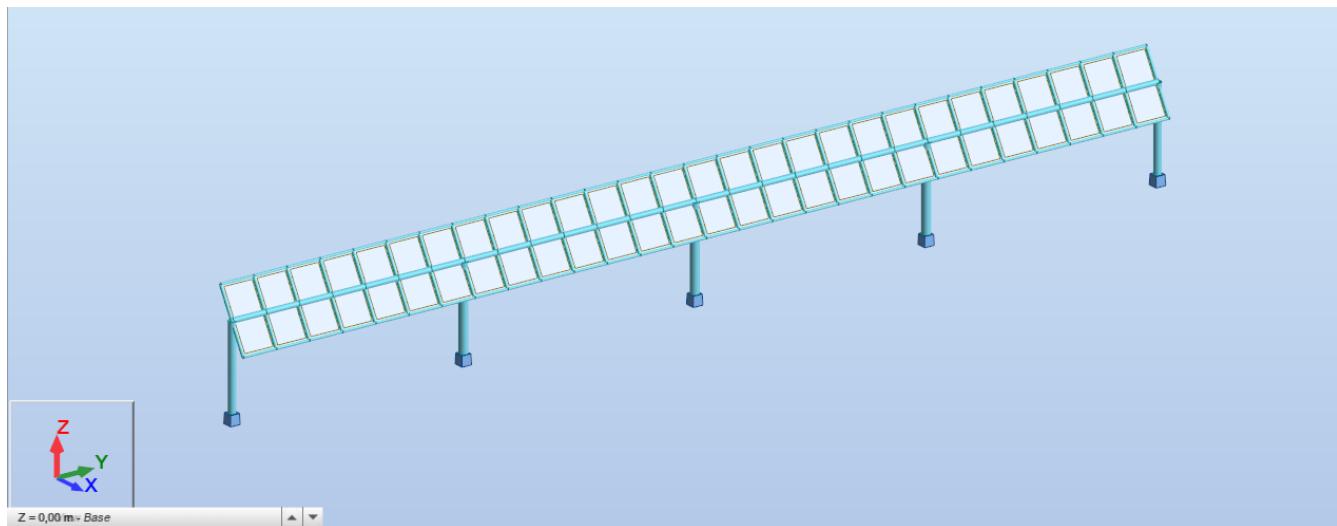


FIG. 7 – Vista 3D del modello di calcolo

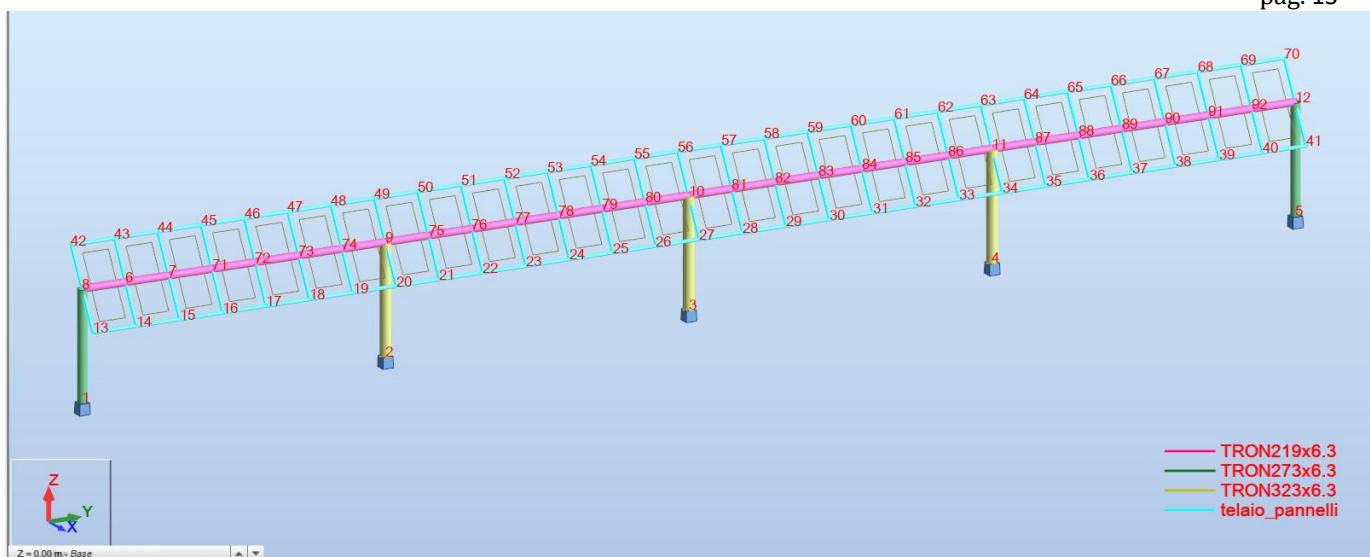


FIG. 8 – Nodi con vincoli alla base

- Nodi

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Vincoli | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Vincoli |
|------|-------|-------|-------|---------|------|-------|-------|-------|---------|
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | fixed | 47 | -0,62 | 6,50 | 4,20 | - |
| 2 | 0,0 | 9,10 | 0,0 | fixed | 48 | -0,62 | 7,80 | 4,20 | - |
| 3 | 0,0 | 18,20 | 0,0 | fixed | 49 | -0,62 | 9,10 | 4,20 | - |
| 4 | 0,0 | 27,30 | 0,0 | fixed | 50 | -0,62 | 10,40 | 4,20 | - |
| 5 | 0,0 | 36,40 | 0,0 | fixed | 51 | -0,62 | 11,70 | 4,20 | - |
| 6 | 0,0 | 1,30 | 3,15 | - | 52 | -0,62 | 13,00 | 4,20 | - |
| 7 | 0,0 | 2,60 | 3,15 | - | 53 | -0,62 | 14,30 | 4,20 | - |
| 8 | 0,0 | 0,0 | 3,15 | - | 54 | -0,62 | 15,60 | 4,20 | - |
| 9 | 0,0 | 9,10 | 3,15 | - | 55 | -0,62 | 16,90 | 4,20 | - |
| 10 | 0,0 | 18,20 | 3,15 | - | 56 | -0,62 | 18,20 | 4,20 | - |
| 11 | 0,0 | 27,30 | 3,15 | - | 57 | -0,62 | 19,50 | 4,20 | - |
| 12 | 0,0 | 36,40 | 3,15 | - | 58 | -0,62 | 20,80 | 4,20 | - |
| 13 | 0,62 | 0,0 | 2,10 | - | 59 | -0,62 | 22,10 | 4,20 | - |
| 14 | 0,62 | 1,30 | 2,10 | - | 60 | -0,62 | 23,40 | 4,20 | - |
| 15 | 0,62 | 2,60 | 2,10 | - | 61 | -0,62 | 24,70 | 4,20 | - |
| 16 | 0,62 | 3,90 | 2,10 | - | 62 | -0,62 | 26,00 | 4,20 | - |
| 17 | 0,62 | 5,20 | 2,10 | - | 63 | -0,62 | 27,30 | 4,20 | - |
| 18 | 0,62 | 6,50 | 2,10 | - | 64 | -0,62 | 28,60 | 4,20 | - |
| 19 | 0,62 | 7,80 | 2,10 | - | 65 | -0,62 | 29,90 | 4,20 | - |
| 20 | 0,62 | 9,10 | 2,10 | - | 66 | -0,62 | 31,20 | 4,20 | - |
| 21 | 0,62 | 10,40 | 2,10 | - | 67 | -0,62 | 32,50 | 4,20 | - |
| 22 | 0,62 | 11,70 | 2,10 | - | 68 | -0,62 | 33,80 | 4,20 | - |
| 23 | 0,62 | 13,00 | 2,10 | - | 69 | -0,62 | 35,10 | 4,20 | - |
| 24 | 0,62 | 14,30 | 2,10 | - | 70 | -0,62 | 36,40 | 4,20 | - |
| 25 | 0,62 | 15,60 | 2,10 | - | 71 | 0,0 | 3,90 | 3,15 | - |
| 26 | 0,62 | 16,90 | 2,10 | - | 72 | 0,0 | 5,20 | 3,15 | - |
| 27 | 0,62 | 18,20 | 2,10 | - | 73 | 0,0 | 6,50 | 3,15 | - |
| 28 | 0,62 | 19,50 | 2,10 | - | 74 | 0,0 | 7,80 | 3,15 | - |
| 29 | 0,62 | 20,80 | 2,10 | - | 75 | 0,0 | 10,40 | 3,15 | - |
| 30 | 0,62 | 22,10 | 2,10 | - | 76 | 0,0 | 11,70 | 3,15 | - |
| 31 | 0,62 | 23,40 | 2,10 | - | 77 | 0,0 | 13,00 | 3,15 | - |
| 32 | 0,62 | 24,70 | 2,10 | - | 78 | 0,0 | 14,30 | 3,15 | - |

| | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|------|---|----|-----|-------|------|---|
| 33 | 0,62 | 26,00 | 2,10 | - | 79 | 0,0 | 15,60 | 3,15 | - |
| 34 | 0,62 | 27,30 | 2,10 | - | 80 | 0,0 | 16,90 | 3,15 | - |
| 35 | 0,62 | 28,60 | 2,10 | - | 81 | 0,0 | 19,50 | 3,15 | - |
| 36 | 0,62 | 29,90 | 2,10 | - | 82 | 0,0 | 20,80 | 3,15 | - |
| 37 | 0,62 | 31,20 | 2,10 | - | 83 | 0,0 | 22,10 | 3,15 | - |
| 38 | 0,62 | 32,50 | 2,10 | - | 84 | 0,0 | 23,40 | 3,15 | - |
| 39 | 0,62 | 33,80 | 2,10 | - | 85 | 0,0 | 24,70 | 3,15 | - |
| 40 | 0,62 | 35,10 | 2,10 | - | 86 | 0,0 | 26,00 | 3,15 | - |
| 41 | 0,62 | 36,40 | 2,10 | - | 87 | 0,0 | 28,60 | 3,15 | - |
| 42 | -0,62 | 0,0 | 4,20 | - | 88 | 0,0 | 29,90 | 3,15 | - |
| 43 | -0,62 | 1,30 | 4,20 | - | 89 | 0,0 | 31,20 | 3,15 | - |
| 44 | -0,62 | 2,60 | 4,20 | - | 90 | 0,0 | 32,50 | 3,15 | - |
| 45 | -0,62 | 3,90 | 4,20 | - | 91 | 0,0 | 33,80 | 3,15 | - |
| 46 | -0,62 | 5,20 | 4,20 | - | 92 | 0,0 | 35,10 | 3,15 | - |

- 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 | self-weight | 1 to 146 | ' PZ Negative Factor=1,15 |
| 2:G2 | (FE) uniform | 119 to 146 | ' PZ=-0,14(kN/m ²) |
| 3: Wx | (FE) uniform | 119 to 146 | ' PX=1,00(kN/m ²) |
| 4: Wy | (FE) uniform | 119 to 146 | ' PY=0,02(kN/m ²) |

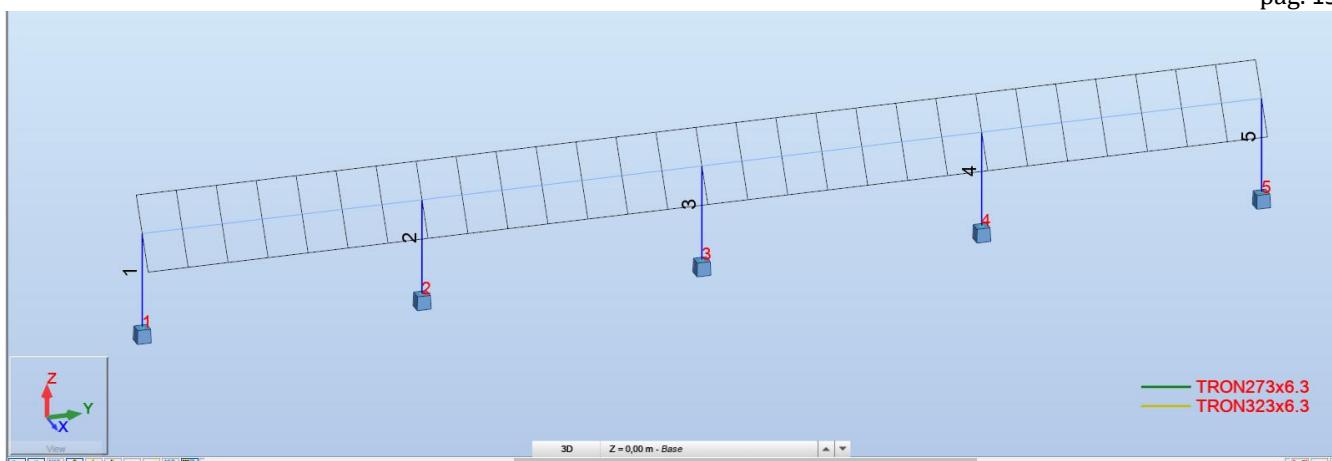


FIG. 9 – Numerazione dei nodi con vincolo alla base della struttura

| Nodo/Condiz./Modo | FX (kN) | FY (kN) | FZ (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) | MZ (kNm) |
|-------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 1/ 5 (C) | -10,23 | -1,55 | 4,62 | 1,99 | -32,91 | 6,60 |
| 1/ 6 (C) | -10,24 | -0,81 | 4,77 | 0,42 | -32,94 | 6,67 |
| 1/ 7 (C) | -15,35 | -2,27 | 6,35 | 2,73 | -49,37 | 9,97 |
| 1/ 8 (C) | -10,24 | -0,61 | 5,69 | 0,22 | -32,95 | 6,59 |
| 1/ 9 (C) | -15,35 | -2,12 | 6,38 | 2,41 | -49,37 | 9,98 |
| 1/ 10 (C) | -15,36 | -1,68 | 6,47 | 1,47 | -49,39 | 10,02 |
| 1/ 11 (C) | -10,23 | -1,40 | 4,65 | 1,68 | -32,92 | 6,61 |
| 1/ 12 (C) | -10,24 | -0,96 | 4,74 | 0,73 | -32,93 | 6,65 |
| 2/ 5 (C) | -22,97 | -0,15 | 8,11 | 0,81 | -71,64 | -0,82 |
| 2/ 6 (C) | -22,97 | 1,14 | 8,11 | -1,89 | -71,65 | -0,73 |
| 2/ 7 (C) | -34,46 | 0,12 | 11,12 | 0,52 | -107,47 | -1,21 |
| 2/ 8 (C) | -22,97 | 1,11 | 9,68 | -1,86 | -71,63 | -0,71 |
| 2/ 9 (C) | -34,46 | 0,37 | 11,12 | -0,02 | -107,47 | -1,20 |
| 2/ 10 (C) | -34,46 | 1,14 | 11,12 | -1,63 | -107,48 | -1,15 |
| 2/ 11 (C) | -22,97 | 0,11 | 8,11 | 0,27 | -71,64 | -0,80 |
| 2/ 12 (C) | -22,97 | 0,88 | 8,11 | -1,35 | -71,65 | -0,75 |
| 3/ 5 (C) | -22,21 | -0,64 | 8,57 | 1,35 | -70,03 | -0,05 |
| 3/ 6 (C) | -22,21 | 0,64 | 8,57 | -1,35 | -70,03 | 0,05 |
| 3/ 7 (C) | -33,31 | -0,64 | 11,83 | 1,35 | -105,04 | -0,05 |
| 3/ 8 (C) | -22,21 | 0,64 | 10,12 | -1,35 | -70,04 | 0,05 |
| 3/ 9 (C) | -33,31 | -0,38 | 11,83 | 0,81 | -105,04 | -0,03 |
| 3/ 10 (C) | -33,31 | 0,38 | 11,83 | -0,81 | -105,04 | 0,03 |
| 3/ 11 (C) | -22,21 | -0,38 | 8,57 | 0,81 | -70,03 | -0,03 |
| 3/ 12 (C) | -22,21 | 0,38 | 8,57 | -0,81 | -70,03 | 0,03 |
| 4/ 5 (C) | -22,97 | -1,14 | 8,11 | 1,89 | -71,65 | 0,73 |
| 4/ 6 (C) | -22,97 | 0,15 | 8,11 | -0,81 | -71,64 | 0,82 |
| 4/ 7 (C) | -34,46 | -1,40 | 11,12 | 2,17 | -107,48 | 1,13 |
| 4/ 8 (C) | -22,96 | 0,17 | 9,68 | -0,84 | -71,62 | 0,80 |
| 4/ 9 (C) | -34,46 | -1,14 | 11,12 | 1,63 | -107,48 | 1,15 |
| 4/ 10 (C) | -34,46 | -0,37 | 11,12 | 0,02 | -107,47 | 1,20 |
| 4/ 11 (C) | -22,97 | -0,88 | 8,11 | 1,35 | -71,65 | 0,75 |
| 4/ 12 (C) | -22,97 | -0,11 | 8,11 | -0,27 | -71,64 | 0,80 |
| 5/ 5 (C) | -10,24 | 0,81 | 4,77 | -0,42 | -32,94 | -6,67 |
| 5/ 6 (C) | -10,23 | 1,55 | 4,62 | -1,99 | -32,91 | -6,60 |
| 5/ 7 (C) | -15,36 | 1,53 | 6,50 | -1,15 | -49,39 | -10,04 |
| 5/ 8 (C) | -10,24 | 1,35 | 5,54 | -1,79 | -32,92 | -6,52 |

| Nodo/Condiz./Modo | FX (kN) | FY (kN) | FZ (kN) | MX (kNm) | MY (kNm) | MZ (kNm) |
|-------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| 5/ 9 (C) | -15,36 | 1,68 | 6,47 | -1,47 | -49,39 | -10,02 |
| 5/ 10 (C) | -15,35 | 2,12 | 6,38 | -2,41 | -49,37 | -9,98 |
| 5/ 11 (C) | -10,24 | 0,96 | 4,74 | -0,73 | -32,93 | -6,65 |
| 5/ 12 (C) | -10,23 | 1,40 | 4,65 | -1,68 | -32,92 | -6,61 |

1.9 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- COM. SLU & SLV**

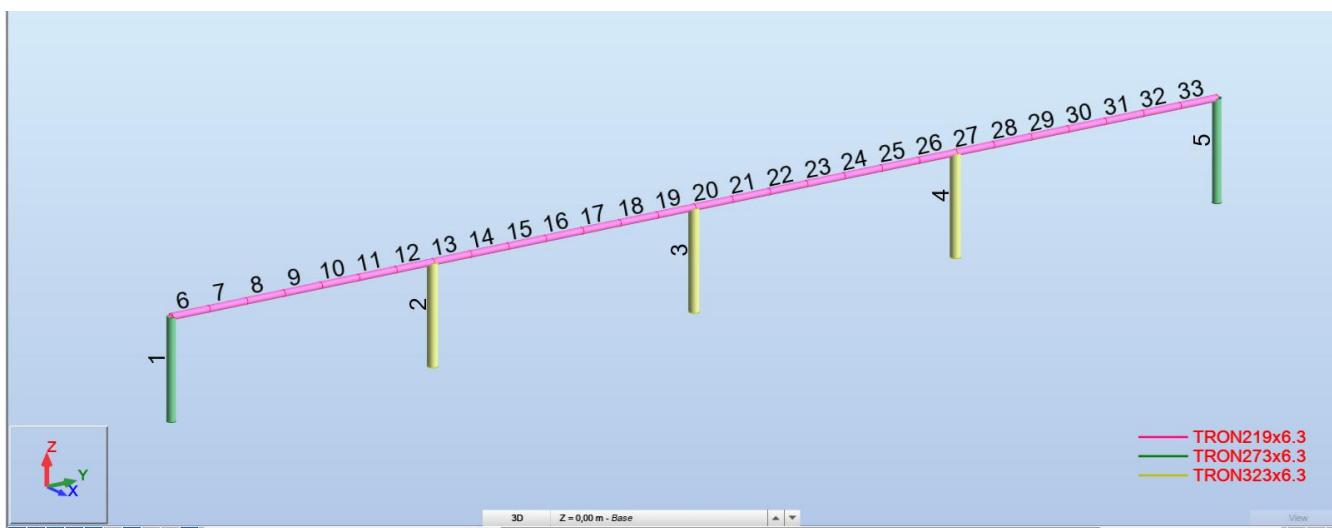


Fig. 10 – Numerazione dei profili

| arra | Profilato | Materiale | Lay | Laz | Resist. | Condizione |
|-----------|-------------|-----------|-------|-------|---------|--------------------------|
| 1 Colonna | TRON273x6.3 | S 275 | 66.79 | 66.79 | 0.45 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 2 Colonna | TRON323x6.3 | S 275 | 56.09 | 56.09 | 0.66 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 3 Colonna | TRON323x6.3 | S 275 | 56.09 | 56.09 | 0.64 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 4 Colonna | TRON323x6.3 | S 275 | 56.09 | 56.09 | 0.66 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 5 Colonna | TRON273x6.3 | S 275 | 66.79 | 66.79 | 0.45 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 6 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.15 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 7 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.13 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 8 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.15 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 9 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.15 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 10 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.14 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 11 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.08 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 12 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.29 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 13 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.27 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 14 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.07 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 15 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.12 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 16 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.11 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 17 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.12 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 18 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.07 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |

| | | | | | | |
|----------|-------------|-------|-------|-------|------|--------------------------|
| 19 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.26 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 20 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.26 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 21 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.07 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 22 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.12 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 23 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.11 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 24 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.12 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 25 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.07 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 26 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.27 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 27 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.29 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 28 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.08 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 29 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.14 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 30 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.15 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 31 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.15 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 32 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.13 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |
| 33 Trave | TRON219x6.3 | S 275 | 17.27 | 17.27 | 0.15 | 7 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Wx |

- La profondità e le dimensioni dei pali indissi saranno confermate in base ai risultati delle prove geotecniche in fase esecutiva .

2. OPERE DI FONDAZIONE IN CA

2.1 Premessa

La presente relazione definisce i criteri di calcolo necessari alla progettazione della struttura di fondazione dei locali: Cabina d'interfaccia, Cabina di Trasformazione e Cabina di Consegna.

Nella figura seguente si riporta il layout:

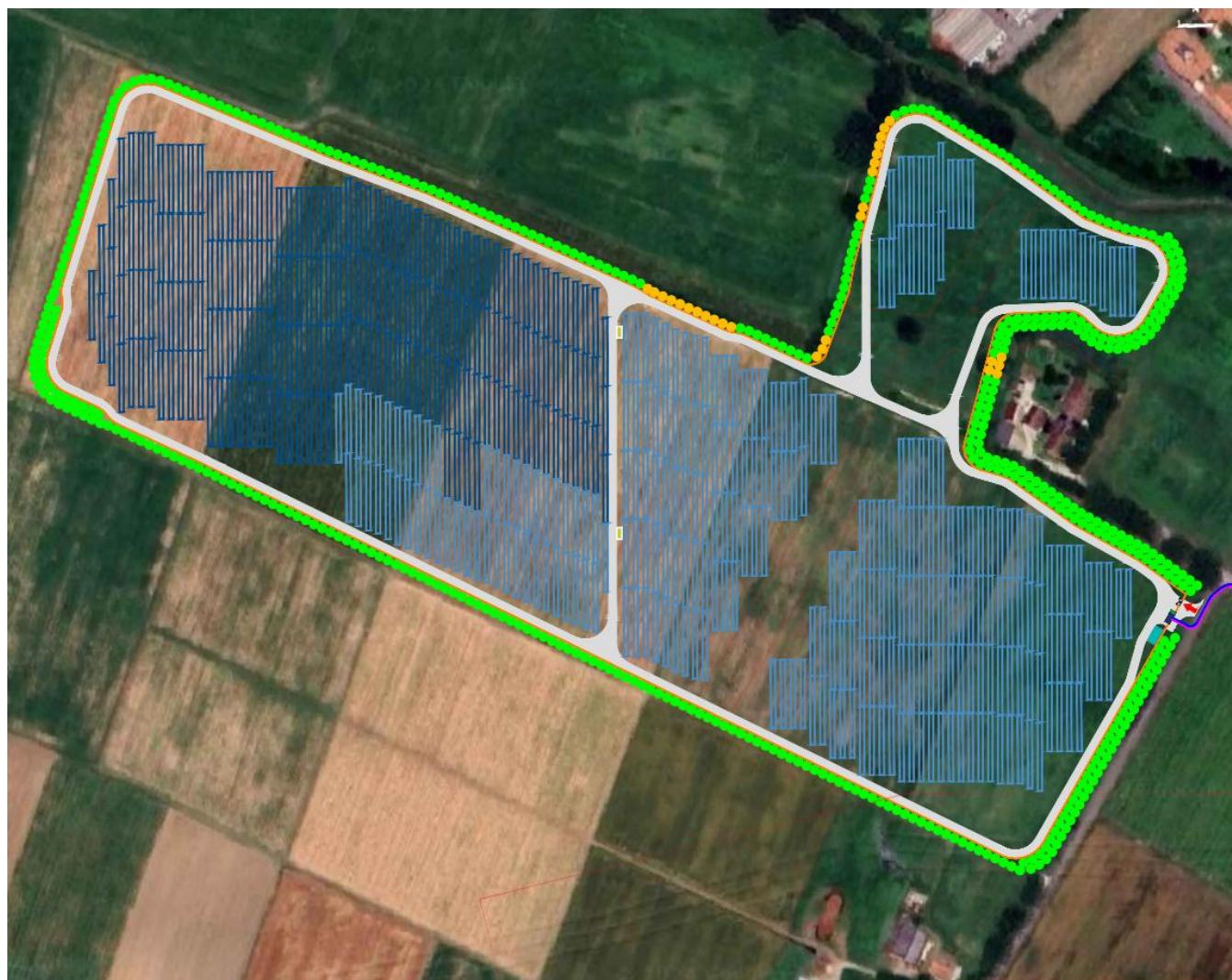


Fig11. – Layout d'impianto

2.2 Introduzione:

La fondazione in esame è costituita da :

- Cabina d'interfaccia di dimensioni pari a 9.00 m X 5.00 m di spessore pari a 30 cm.
- Cabina di Trasformazione di dimensioni pari a 6.60 m X 3.10 m di spessore pari a 50 cm.
- Cabina di Consegna di dimensioni pari a 7.75 m X 3.50 m di spessore pari a 30 cm

L'analisi statica della fondazione in oggetto è stata eseguita utilizzando un programma di calcolo agli elementi finiti (Robot Structural Analysis Professional 2024 di Autodesk), che fornisce in output le caratteristiche di sollecitazione interne alla platea di fondazione nelle diverse combinazioni di carico.

Il calcolo delle strutture è stato eseguito in accordo alla Normativa vigente (D.M. 17/01/2018) con le seguenti assunzioni:
l'intervento in oggetto è classificabile fra quelli di "nuova costruzione" ai sensi del D.M. 17/01/2018;

Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi strutturale del comportamento dell'intera opera eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;

Le strutture delle fondazioni devono essere progettate per le azioni definite sulla struttura in elevazione alla quale sono applicate le pertinenti combinazioni delle azioni.

Al precedente punto, assumendo un comportamento non dissipativo; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.

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

Il progetto strutturale è stato condotto considerando le condizioni:

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

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

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

| STATI LIMITE | | CU I | CU II | | | CU III e IV | | |
|--------------|------------|------|---------------------|-----|-----|-------------|---------------------|-----|
| | | | ST | ST | NS | IM | ST | NS |
| SLE | <i>SLO</i> | | | | | | RIG | FUN |
| | <i>SLD</i> | RIG | RIG | | | | RES | |
| SLU | <i>SLV</i> | RES | RES | STA | STA | | RES | STA |
| | <i>SLC</i> | | 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 (duttilità) non sono state condotte in quanto la struttura è stata trattata come non dissipativa, ed in accordo al §7.2.5 le capacità degli elementi vengono valutati in accordo alle regole del capitolo §4.1 del D.M 2018.

2.3 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"

2.4 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 | $\geq 280 \text{ kg/m}^3$ |
| - Classe di consistenza | $\geq S4$ |
| - Coprifero (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

2.5 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 | Tipo di analisi |
|------|-----------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | G1 | G1 | Permanenti | Static - Linear |
| 2 | G2 | G2 | Perm. Non-str. | Static - Linear |
| 3 | Q | Q | Categoria E | Static - Linear |
| 4 | N | N | Neve H<1000 | Static - Linear |
| 5 | Vx+ | Vx+ | Vento | Static - Linear |
| 6 | Vx- | Vx- | Vento | Static - Linear |
| 7 | Vy+ | Vy+ | Vento | Static - Linear |
| 8 | Vy- | Vy- | Vento | Static - Linear |
| 9 | T | T | Termiche | Static - Linear |
| 10 | MOD10 | Modale | | Modal |
| 11 | SIS11 | SLD X | Sismiche SLE | Dynamics - Seismic |
| 12 | SIS12 | SLV X | Sismiche SLU | Dynamics - Seismic |
| 13 | SIS13 | SLD Y | Sismiche SLE | Dynamics - Seismic |
| 14 | SIS14 | SLV Y | Sismiche SLU | Dynamics - Seismic |
| 15 | SLD X | SLD X Equipment | Sismiche SLE | Static - Linear |
| 16 | SLV X | SLV X Equipment | Sismiche SLU | Static - Linear |
| 17 | SLD Y | SLD Y Equipment | Sismiche SLE | Static - Linear |
| 18 | SLV Y | SLV Y Equipment | Sismiche SLU | Static - Linear |

2.6 Carichi Cabinati

Per poter effettuare il dimensionamento della fondazione dei locali:

la cabina d'interfaccia, la Cabina di trasformazione e la Cabina di consegna, si è reso necessario valutare le azioni gravanti sulla sovrastruttura.

- Peso Proprio Struttura (G1)

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

- **La cabina d'interfaccia:** sarà realizzate con una struttura prefabbricata in c.a.v. monoblocco costituita da un basamento di fondazione prefabbricato a vasca e da un monoblocco in elevazione fuori terra.
- **La cabina di trasformazione:** sarà realizzata con una struttura preassemblata in acciaio.
- **La cabina di consegna :** sarà realizzata con una struttura prefabbricata in c.a.v. monoblocco costituita da un basamento di fondazione prefabbricato a vasca e da un monoblocco in elevazione fuori terra.

- Carichi permanenti non strutturali (G2)

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

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

1- Cabina d'interfaccia :

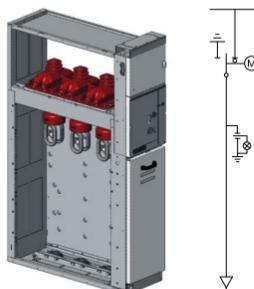
• Trasformatore con conservatore KVA:

| TRASFORMATORE CON CONSERVATORE KVA | 50 | 100 | 160 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | |
|------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LUNGHEZZA (A) | mm | 1.100 | 1.200 | 1.280 | 1.300 | 1.320 | 1.390 | 1.420 | 1.660 | 1.750 | 1.960 | 1.950 | 2.200 | 2.340 | 2.320 | 2.350 |
| PROFONDITÀ (B) | mm | 500 | 600 | 600 | 680 | 680 | 800 | 900 | 900 | 1.000 | 1.030 | 1.050 | 1.050 | 1.150 | 1.250 | 1.250 |
| ALTEZZA (C) | mm | 1.290 | 1.350 | 1.430 | 1.520 | 1.600 | 1.650 | 1.700 | 1.890 | 2.020 | 2.150 | 2.150 | 2.200 | 2.400 | 2.500 | 2.550 |
| INTERASSE RUOTE (D) | mm | 400 | 520 | 520 | 520 | 520 | 670 | 670 | 670 | 670 | 820 | 820 | 820 | 820 | 1.000 | 1.000 |
| DIAMETRO RUOTE | mm | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| PESO DELL'OLIO | kg | 105 | 160 | 180 | 250 | 280 | 295 | 345 | 460 | 515 | 640 | 690 | 800 | 1.110 | 1.150 | 1.270 |
| PESO TOTALE | kg | 665 | 870 | 1.100 | 1.200 | 1.370 | 1.540 | 1.800 | 2.000 | 2.390 | 3.130 | 3.300 | 3.950 | 6.010 | 5.500 | 6.090 |

➤ È stato deciso di applicare un carico modale pari al peso del trasformatore.

• SDC – Arrivo unità linea con interruttore di manovra-sezionatore:

SDC – Arrivo unità linea con interruttore di manovra-sezionatore



L'unità con interruttore di manovra-sezionatore viene utilizzata principalmente come unità di arrivo, ad anello o di derivazione. L'unità è dotata di un interruttore di manovra-sezionatore a 3 posizioni, che può assumere una delle seguenti posizioni: "chiuso", "aperto" o "a terra" evitando così operazioni errate. Il comparto cavi è accessibile solo nella posizione di "a terra". Le connessioni dei cavi possono essere ispezionate facilmente attraverso l'oblò della porta frontale.

| Larghezza pannello | Peso (kg) | Un | Ir | Ik |
|--------------------|-------------------------|------|---------|--|
| mm ⁽¹⁾ | H = 1700 mm H = 2000 mm | kV | A | kA |
| 375 | 150 160 | 12 | 630/800 | 16 ⁽²⁾ /20/25 ⁽³⁾ (3s) |
| 500 | 170 180 | 17.5 | 630/800 | 16 ⁽²⁾ /20/25 ⁽³⁾ (3s) |
| 750 | 195 210 | 24 | 630 | 16 ⁽²⁾ /20/25 ⁽³⁾ (3s) |

⁽¹⁾ Considere le esp. 10 per le dimensioni generali.
⁽²⁾ Peso stimato senza componenti (TA, TV, scaricatori, fusibili, etc.) Dettagli nel paragrafo peso

⁽³⁾ ESD A, 10 kA 3s per comando doppia molla.
⁽²⁾ 25 kA (2s) come disconnettore classe E0 (interbloccato con l'interruttore a monte) a 17.5 e 24kV



Peso = 220Kg ≈ 2.2 kN

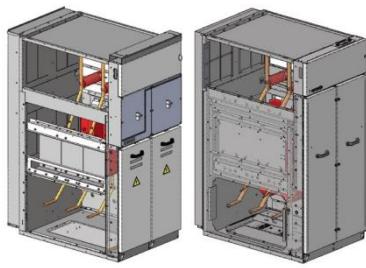
A = 0.92 m x 0.275 m = 0.253 m²

G2 = 220/0.253 = 869.56 kg/m² ≈ 8.6 KN/m²

- Si è deciso di considerare un carico uniformemente distribuito sulla fondazione di **8.7 kN/m²**

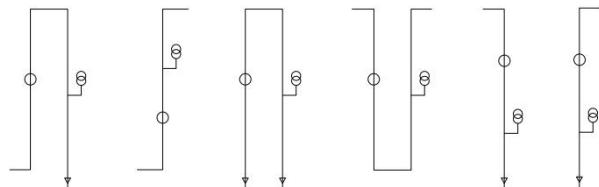
• UMP-Unità di misura universale:

UMP – Unità di misura universale



Questa unità viene utilizzata nelle applicazioni di media tensione dove è necessario un pannello dedicato per i trasformatori di misura. L'unità è molto flessibile e ci sono disponibili sei configurazioni: ingresso sistema di sbarre e uscita cavo, ingresso e uscita cavo, ingresso e uscita sbarre. Queste configurazioni soddisfano appieno anche le richieste dei clienti più esigenti. L'accesso ai trasformatori di misura e il loro montaggio sono semplici e sicuri; l'unità è anche fornita di una grande porta che permette l'accesso dal lato frontale. La porta può essere provvista di sigilli e/o lucchetti di sicurezza.

I trasformatori di misura sono montati singolarmente su piastre di scorrimento che sono fissate a guide posizionate sulle pareti. L'unità è predisposta per l'installazione dei trasformatori di misura DIN.



| Larghezza pannello | Peso ⁽¹⁾ (kg) |
|--------------------------|---|
| mm ⁽²⁾ 750 | H = 1700 mm H = 2000 mm ⁽³⁾ 200 220 |
| | (1) Peso stimato senza componenti (TA, TV, scaricatori, fusibili, etc.) Dettagli nel paragrafo pesi |

| Un | Ir | Ik |
|------|---------|------------------------------|
| kV | A | kA |
| 12 | 630/800 | 16/20/25 ⁽⁴⁾ (3s) |
| 17.5 | 630/800 | 16/20/25 ⁽⁴⁾ (3s) |
| 24 | 630 | 16/20/25 ⁽⁴⁾ (3s) |

Peso = 220Kg ≈ 2.2 kN

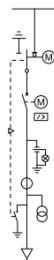
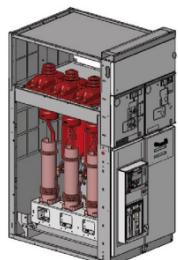
A = 0.55m x 0.270m = 0.1485 m²

G2 = 220/0.270 = 1481.5 kg/m² ≈ 14.8 KN/m²

- Si è deciso di considerare un carico uniformemente distribuito sulla fondazione di **14.9 kN/m²**

• SBC- Arrivo linea con Interruttore e Interruttore di manovra-sezionatore:

SBC – Arrivo linea con Interruttore e Interruttore di manovra-sezionatore



Le unità SBC sono state progettate per il controllo e la protezione di linee di distribuzione, reti, motori, trasformatori, batterie di condensatori, ecc. L'unità può essere dotata di un interruttore in vuoto o in gas SF₆. L'interruttore è montato su una guida e fissato alle sbarre. Per lo manovra di isolamento è previsto un interruttore di manovra-sezionatore a 3 posizioni dotato di un sezionatore di terra e montato tra l'interruttore e le sbarre. La porta è interlocata meccanicamente con la posizione di messa a terra dell'interruttore di manovra-sezionatore per garantire la sicurezza del personale. L'unità può essere dotata di TA, TV o sensori. In alternativa è disponibile un interruttore con sensore di corrente e relè integrati.

| Larghezza pannello | Peso ⁽¹⁾ (kg) |
|--------------------------|--|
| mm ⁽²⁾ 750 | H = 1700 mm H = 2000 mm 335 355 |
| | (1) Consultare il cap. 10 per le dimensioni di ingombro (2) Peso stimato senza componenti (TA, TV, scaricatori, fusibili, etc.) Dettagli nel paragrafo pesi |

| n | Ir | Ik | IkAp ⁽³⁾ |
|-----|---------|------------------------------|---------------------|
| Y | A | kA | kAp |
| 2 | 630/800 | 16/20/25 ⁽⁴⁾ (3s) | 40/50/63 |
| 7.5 | 630/800 | 16/20/25 ⁽⁴⁾ (3s) | 40/50/63 |
| 24 | 630 | 16/20/25 ⁽⁴⁾ (3s) | 40/50/63 |

(*) Potere di chiusura del sezionatore di terra a valle 630A classe E1, MO solo per la versione con connessione sbarre inferiore destra.

(1) 25 kA (2s) come disconnettore classe EO con interruttore in vuoto 630A a 17.5 e

Sono presenti all'interno del locale n°3 SBC:



Peso = $3 \times 380 \text{ kg} = 1140 \text{ kg} \approx 11.40 \text{ KN}$

$A = 3 \times 0.610 \text{ m} \times 0.35 \text{ m} = 0.6405 \text{ m}^2$

$G_2 = 11.40 / 0.6405 = 17.798 \text{ KN/m}^2$.

- Si è deciso di considerare un carico uniformemente distribuito sulla fondazione di **17.80 kN/m²**

2- Cabina di trasformazione :

| Model | GW3500K-MVS | GW5000K-MVS | GW7000K-MVS |
|--|---|---------------------------|---------------------------|
| Transformer | | | |
| Transformer Type | Oil immersed | | |
| Rated Power (kVA) | 3500kVA@40°C | 5000kVA@40°C | 7000kVA@40°C |
| Winding Connection | Dy11 | Dy11-y11 | Dy11-y11 |
| LV / MV Voltage (kV) | | 0.8 / 10 ~ 35 | |
| Maximum Input Current at Nominal Voltage (A) | 2526 | 2 x 1805 | 2 x 2526 |
| Frequency (Hz) | | 50 / 60 | |
| Tapping range | | ±2 x 2.5% | |
| Peak Efficiency Index | | ≥99% | |
| Cooling Type | ONAN (Oil Natural Air Natural) | | |
| Impedance | 7.0% (±10%) | 7.5% (±10%) | 8.0% (±10%) |
| Oil Type | Mineral oil (PCB free) | | |
| Winding Material | Al / Al | | |
| Insulation Class | A | | |
| MV Switchgear | | | |
| Insulation Type | SF6 | | |
| Rate Voltage (kV) | 12.0 ~ 40.5 | | |
| Rate Current (A) | 630 | | |
| Internal Arcing Fault | IAC AFL 20kA / 1s | | |
| Qty.of Feeder | 2-3 feeders (D / V / C) | | |
| LV Room | | | |
| ACB Specification | 3200A / 800Vac / 3P, 1pcs | 3200A / 800Vac / 3P, 2pcs | 3200A / 800Vac / 3P, 2pcs |
| MCCB Specification | 250A / 800Vac / 3P, 14pcs | 250A / 800Vac / 3P, 20pcs | 250A / 800Vac / 3P, 28pcs |
| Protection | | | |
| AC Input Protection | Circuit breaker | | |
| Transformer Protection | Oil-temperature, oil-level,oil-pressure | | |
| LV Overvoltage Protection | AC Type I + II | | |
| General Data | | | |
| Dimensions (W x H x D mm) | 6058 x 2896 x 2438 | | |
| Approximate Weight (t) | <22 | | |
| Operating Temperature Range (°C) | -25 ~ +55 | | |
| Auxiliary Power Supply | 5kVA / 400V (Optional: max. 20kVA) | | |
| Ingress Protection Rating | IP54 | | |
| Relative Humidity | 0 ~ 95% | | |
| Max. Operating Altitude (m) | 1000 (Optional: 2000) | | |
| Anti-corrosion Class | C4H (Optional: C5M) | | |
| Communication | Standard: RS485, Ethernet Optional: Optical Fiber | | |
| Compliance | IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, IEC 61439-1 / 2, EN50708-1 | | |

- È stato deciso di applicare un carico modale pari al peso della cabina di trasformazione.

- Carico da neve (N)

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

$$qs = \mu_1 \cdot qsk \cdot CE \cdot Ct$$

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

Zona di carico della neve 1 $qsk = 1.50 \text{ kN/m}^2$

Altezza del sito sopra il livello del mare $as = 56 \text{ m} < 200 \text{ m}$

Coefficiente di esposizione $CE = 1.0$

Coefficiente termico $Ct = 1.0$

Coefficiente di forma $\mu_1 = 0.8$

Valore caratteristico della neve al suolo $qsk = 1.50 \text{ kN/m}^2$

$$qs = 0.8 \times 1.5 \times 1 \times 1 = \mathbf{1.2 \text{ kN/m}^2}$$

- Carico del vento (w)

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 | Reggio Emilia (RE) |
| Regione | Emilia-Romagna |
| Zona | 2 |

$$(vb,0 = 25 \text{ m/s}, a0 = 750 \text{ m}, ks=0.45).$$

$$Vb = vb,0 \cdot Ca$$

Ove:

$$Ca = 1 \quad \text{per } as < a0$$

$$Ca = 1 + ks [(as / a0) - 1] \quad \text{per } a0 < as \leq 1500 \text{ m}$$

| | |
|-----------------------------------|---|
| Classe rugosità terreno | D (Area priva di ostacoli). |
| Altitudine | as=56 m s.l.m < a0 = 750 m |
| Categoria esposizione | II (kr = 0.19, z0=0.05 m, zmin = 4.0m) |
| Velocità di riferimento | vr = vb . Cr = 25.02 m/s (Tr=50 anni=>Cr=1) |
| Pressione cinetica di riferimento | qr = 0.5 · vr^2 · 1.25 = 391.20 N/m2 |

Coefficiente di esposizione:

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

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

ct = 1 coefficiente di topografia

| | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|
| Coefficiente di esposizione minimo | Ce,min | 1.800 | Z<=4m |
| Coefficiente di esposizione al colmo | Ce, 4m | 1.800 | Z = 4m |

$$ce = 1.80 \quad (\text{per } z_{colmo} = 4.0 \text{ m}) \quad q = qb \cdot ce = 391.20 \times 1.80 = 704.16 \text{ N/m}^2 = 0.704 \text{ kN/m}^2$$

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

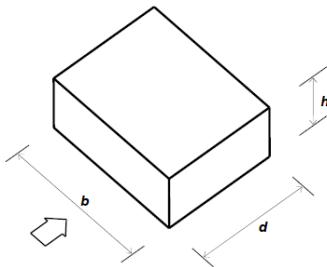


Figura G.1 – Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare.

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

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

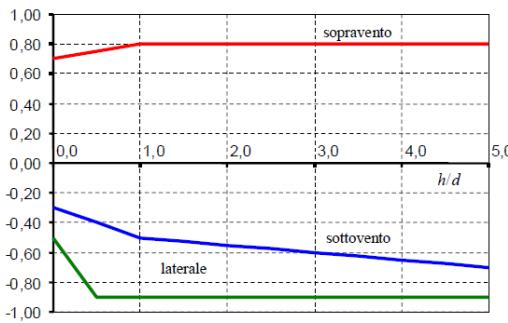


Figura G.2 – Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali.

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

$$P=1.20 \text{ kN/m}^2$$

- 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 Reggio Emilia (RE) è a rischio sismico dalla Normativa italiana vigente con zona a sismicità 3.

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

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

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

$$T_R = 9,50 \cdot V_R \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV)}$$

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.

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



Per la struttura qui esaminata si è assunto:

$V_N = 50$ 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:

$T_R = 30$ anni stato limite di operatività (SLO)

$T_R = 50$ anni stato limite di danno (SLD)

$T_R = 475$ anni stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

$T_R = 975$ anni stato limite di collasso (SLC)

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

| | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> Ricerca per coordinate | LONGITUDINE 10,6205 | LATITUDINE 44,7096 | |
| <input type="radio"/> Ricerca per comune | REGIONE Emilia-Romagna | PROVINCIA Reggio Emilia | COMUNE Reggio nell'Emilia |
| Elaborazioni grafiche Grafici spettri di risposta → | | Reticolo di riferimento Controllo sul reticolo <ul style="list-style-type: none"> ● Sito esterno al reticolo ● Interpolazione su 3 nodi ● Interpolazione corretta | |
| Elaborazioni numeriche Tabella parametri → | | Interpolazione superficie rigata | |
| Nodi del reticolo intorno al sito | | <p>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".</p> | |
| INTRO | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 |

| Parametri di pericolosità Sismica | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| "Stato Limite" | T_R | a_g | F_o | T^*_c |
| | [anni] | [g] | [-] | [s] |
| Operatività | 30 | 0,047 | 2,477 | 0,248 |
| Danno | 50 | 0,058 | 2,505 | 0,264 |
| Salvaguardia Vita | 475 | 0,154 | 2,377 | 0,289 |
| Prevenzione Collasso | 975 | 0.197 | 2.389 | 0.307 |

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

Dove:

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

a_g : Accelerazione orizzontale massima al sito;

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

SS : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

ST : Coefficiente di amplificazione topografica;

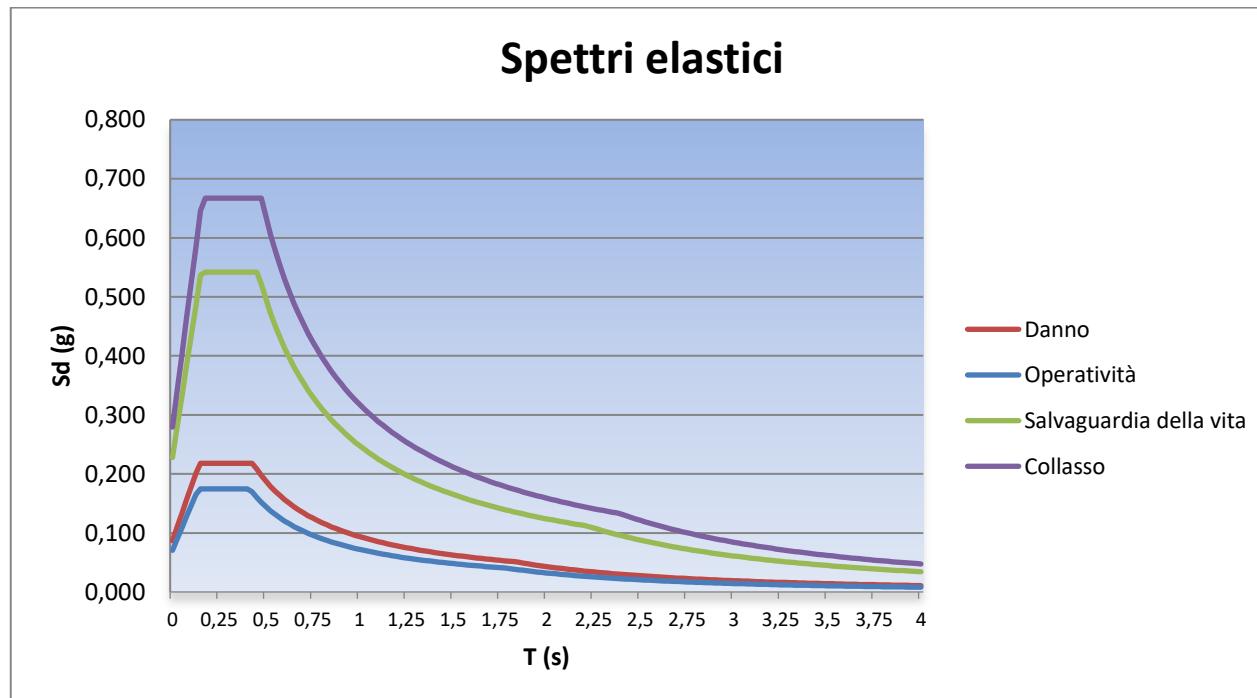
η : Damping;

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

T_B, T_C, T_D : periodi caratteristici dello spettro in funzione della categoria di sottosuolo

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

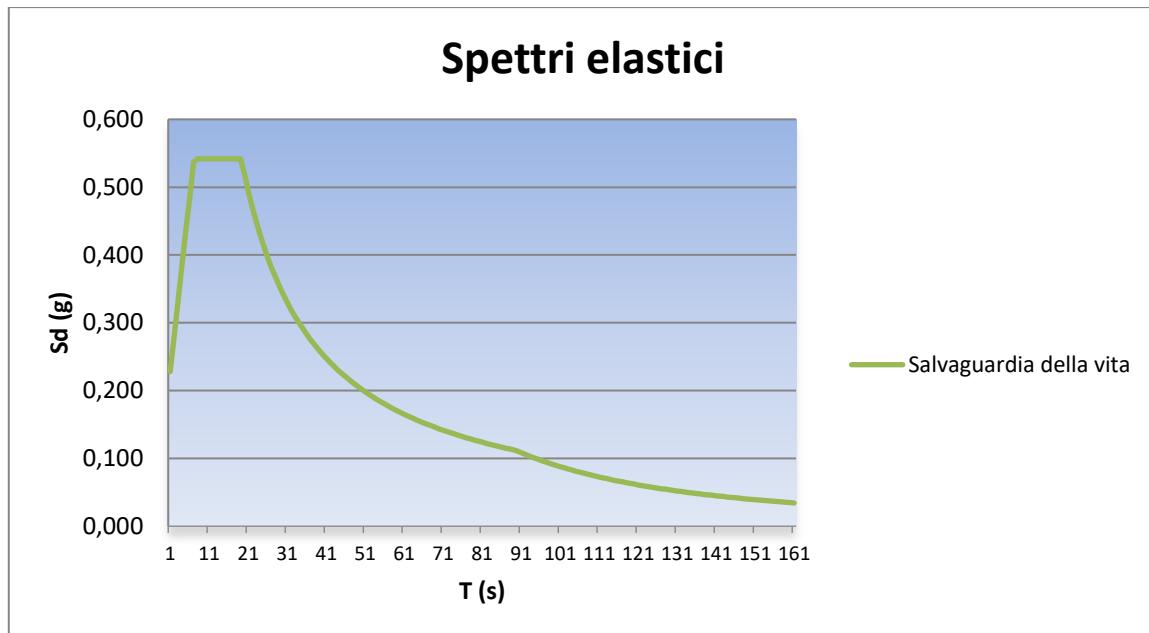
Considerando la tabella seguente per la classificazione stratigrafica e topografica del sito



| | |
|------------------------------------|-----------|
| Categoria di profilo stratigrafico | C |
| Categoria Topografica: | T1 |

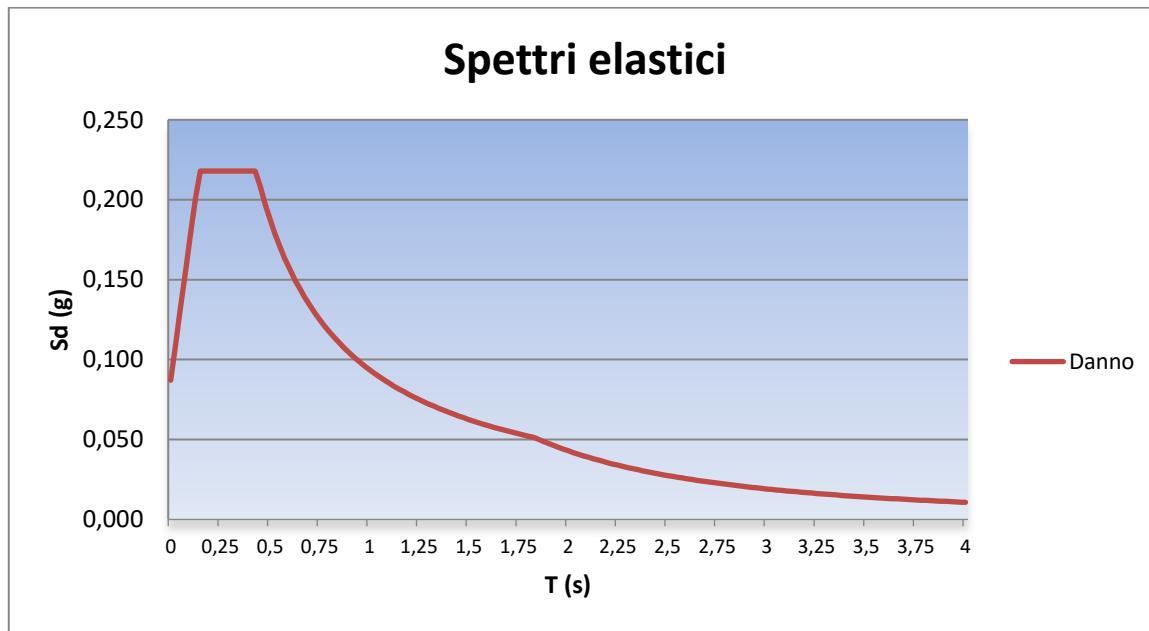
- **Stato limite di Salvaguardia della vita (SLV)**

| ORIZZONTALE | | | | | |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|
| Ss | Cc | S | TB | TC | TD |
| 1,48 | 1,58 | 1,48 | 0,152 | 0,457 | 2,216 |



- **Stato limite di danno (SLD)**

| ORIZZONTALE | | | | | |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|
| Ss | Cc | S | TB | TC | TD |
| 1,50 | 1,63 | 1,50 | 0,143 | 0,430 | 1,832 |



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.

2.7 Combinazioni di carico:

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

- **Stato limite ultimo (SLU)**

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

- **SLU di tipo geotecnico (GEO)**

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 collasso per scorrimento sul piano di posa;
 stabilità globale.

- **SLU di tipo strutturale (STR)**

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

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

- **Approccio 1**

Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Combinazione 2 (A2+M2+R2)

- **Approccio 2**

Combinazione (A1+M1+R3)

I valori dei coefficienti parziali sono riportati nelle tabelle seguenti:

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

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_s (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 G₂ si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_G

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_Y | γ_Y | 1,0 | 1,0 |



2.8 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 2024 di

| | |
|-------------|--|
| Titolo | Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024 |
| Autore | Autodesk Inc. |
| Produttore | Autodesk Inc. |
| Fornitore | Autodesk Inc. |
| Versione | 37.0.0.10095(x64) |
| Licenza no. | 563-61811595 |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

di valutazioni semplificati, etc...

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

Ci si riferisce alle seguenti convenzioni:

Sistema di riferimento globale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per coordinate e spostamenti nodali e per i carichi applicati.

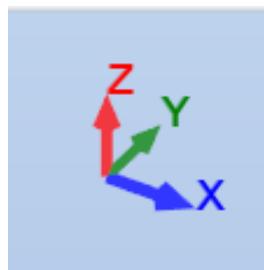


Fig. 12 – Sistema di riferimento globale modello 3d

Sistema di riferimento locale Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024: per le azioni interne.

Unità di misura utilizzate: kN, kNm

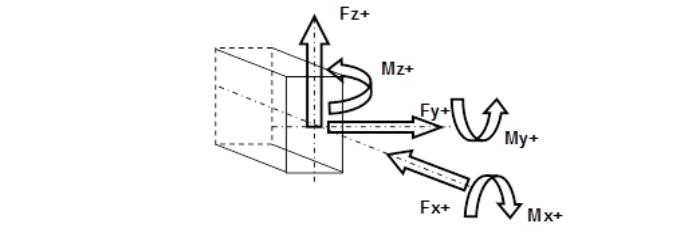
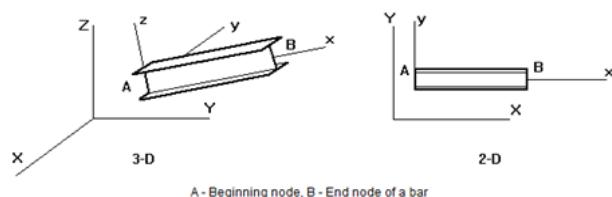


Fig. 13 – Sistema di riferimento locale elementi finiti monodimensionali (barre)

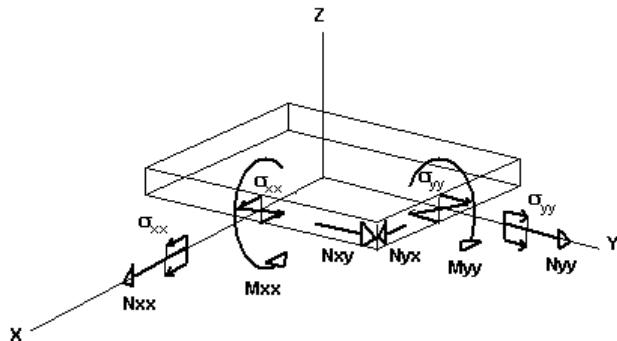


Fig. 14 –Sistema di riferimento locale elementi finiti bidimensionali

2.9 Parametri Geotecnici:

Come descritto nella relazione geotecnica, si è deciso di utilizzare delle solette di fondazione con le seguenti caratteristiche:

- **Classificazione del suolo: Categoria C** " Depositi di terreni a grana grossa mediamente addeensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s."
- **Categoria topografica :Categoria T1** " Superficie pianeggiante, pendii rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$."

Nella tabella sottostante sono riportati i valori della costante di Winkler e della capacità portante, per le diverse tipologie fondazionali.

| | Z | B | L | Modulo di reazione verticale K _{s,v} | Modulo di reazione orizzontale K _{s,h} |
|--------------------------|------|------|------|---|---|
| | (m) | (m) | (m) | (KN/m ³) | (KN/m ³) |
| Cabina di interfaccia | 0.85 | 5.00 | 9.00 | 2100 | 1050 |
| Cabina di trasformazione | 0.50 | 3.10 | 6.60 | 7029 | 3514 |
| Cabina di consegna | 0.90 | 3.50 | 7.75 | 3567 | 1783 |

2.10 Modello di calcolo**a. Fondazione_cabina d'interfaccia**

Per il calcolo della struttura in oggetto è stata utilizzata l'analisi agli elementi finiti, modellando le platee di fondazione come lastre orizzontali di spessore costante, costituite da elementi "shell" su suolo elastico alla Winkler mediante molle di cedevolezza verticale di 2100 kN/m³ e orizzontale pari a 1050 kN/m³, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

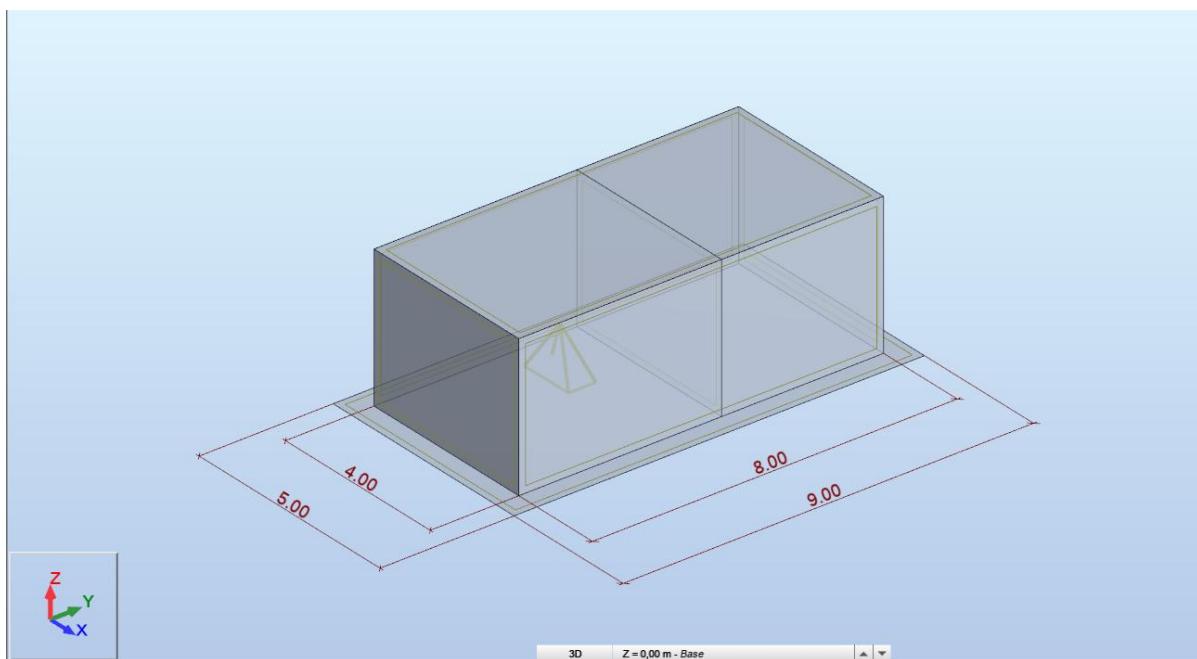


FIG15. – Planimetria modello di calcolo

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.



FIG16. – Planimetria modello di calcolo

- **Coordinate e Numerazione Nodi_Fondazione**

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1001 | 1,9 | 7,1 | 0 |
| 2 | 4 | 0 | 0 | 1002 | 1,9 | 7,5 | 0 |
| 3 | 0 | 4,45 | 0 | 1003 | 2,3 | 1,5 | 0 |
| 4 | 4 | 4,45 | 0 | 1004 | 2,3 | 1,9 | 0 |
| 5 | 0 | 8 | 0 | 1005 | 2,3 | 4,7 | 0 |
| 6 | 4 | 8 | 0 | 1006 | 2,3 | 5,1 | 0 |
| 7 | 1,37 | 0,6 | 0 | 1007 | 2,3 | 5,5 | 0 |
| 8 | 2,29 | 0,6 | 0 | 1008 | 2,3 | 5,9 | 0 |
| 9 | 1,37 | 0,88 | 0 | 1009 | 2,3 | 6,3 | 0 |
| 10 | 2,29 | 0,88 | 0 | 1010 | 2,3 | 6,7 | 0 |
| 11 | 2,29 | 1,15 | 0 | 1011 | 2,3 | 7,1 | 0 |
| 12 | 1,74 | 1,15 | 0 | 1012 | 2,3 | 7,5 | 0 |
| 13 | 2,29 | 2,2 | 0 | 1013 | 2,7 | 1,5 | 0 |
| 14 | 1,68 | 2,2 | 0 | 1014 | 2,7 | 1,9 | 0 |
| 15 | 1,68 | 1,15 | 0 | 1015 | 2,3 | 2,7 | 0 |
| 17 | 1,74 | 0,88 | 0 | 1016 | 2,7 | 2,7 | 0 |
| 19 | 0,5 | 3,5 | 0 | 1017 | 2,7 | 3,1 | 0 |
| 20 | 0,5 | 2,9 | 0 | 1018 | 2,3 | 3,1 | 0 |
| 21 | 1,72 | 3,5 | 0 | 1019 | 2,7 | 3,5 | 0 |
| 22 | 1,72 | 2,9 | 0 | 1020 | 2,3 | 3,5 | 0 |
| 26 | 0,4 | 4,45 | 0 | 1021 | 2,7 | 3,9 | 0 |
| 27 | 0,8 | 4,45 | 0 | 1022 | 2,3 | 3,9 | 0 |
| 28 | 1,2 | 4,45 | 0 | 1023 | 2,7 | 4,7 | 0 |
| 29 | 1,6 | 4,45 | 0 | 1024 | 2,7 | 5,1 | 0 |
| 30 | 2 | 4,45 | 0 | 1025 | 2,7 | 5,5 | 0 |
| 31 | 2,4 | 4,45 | 0 | 1026 | 2,7 | 5,9 | 0 |
| 32 | 2,8 | 4,45 | 0 | 1027 | 2,7 | 6,3 | 0 |
| 33 | 3,2 | 4,45 | 0 | 1028 | 2,7 | 6,7 | 0 |
| 34 | 3,6 | 4,45 | 0 | 1029 | 2,7 | 7,1 | 0 |
| 248 | 4 | 0,4 | 0 | 1030 | 2,7 | 7,5 | 0 |
| 251 | 4 | 0,81 | 0 | 1031 | 2,7 | 0,3 | 0 |
| 252 | 4 | 1,21 | 0 | 1032 | 3,1 | 0,3 | 0 |
| 255 | 4 | 1,62 | 0 | 1033 | 3,1 | 0,7 | 0 |
| 256 | 4 | 2,02 | 0 | 1034 | 2,7 | 0,7 | 0 |
| 257 | 4 | 2,43 | 0 | 1035 | 3,1 | 1,1 | 0 |
| 258 | 4 | 2,83 | 0 | 1036 | 2,7 | 1,1 | 0 |
| 259 | 4 | 3,24 | 0 | 1037 | 3,1 | 1,5 | 0 |
| 260 | 4 | 3,64 | 0 | 1038 | 3,1 | 1,9 | 0 |
| 261 | 4 | 4,05 | 0 | 1039 | 3,1 | 2,3 | 0 |
| 285 | 4 | 4,84 | 0 | 1040 | 2,7 | 2,3 | 0 |
| 286 | 4 | 5,24 | 0 | 1041 | 3,1 | 2,7 | 0 |
| 287 | 4 | 5,63 | 0 | 1042 | 3,1 | 3,1 | 0 |
| 288 | 4 | 6,03 | 0 | 1043 | 3,1 | 3,5 | 0 |
| 289 | 4 | 6,42 | 0 | 1044 | 3,1 | 3,9 | 0 |
| 290 | 4 | 6,82 | 0 | 1045 | 3,1 | 4,7 | 0 |
| 291 | 4 | 7,21 | 0 | 1046 | 3,1 | 5,1 | 0 |
| 292 | 4 | 7,61 | 0 | 1047 | 3,1 | 5,5 | 0 |
| 321 | 3,6 | 8 | 0 | 1048 | 3,1 | 5,9 | 0 |
| 322 | 3,2 | 8 | 0 | 1049 | 3,1 | 6,3 | 0 |



| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 323 | 2,8 | 8 | 0 | 1050 | 3,1 | 6,7 | 0 |
| 324 | 2,4 | 8 | 0 | 1051 | 3,1 | 7,1 | 0 |
| 325 | 2 | 8 | 0 | 1052 | 3,1 | 7,5 | 0 |
| 326 | 1,6 | 8 | 0 | 1053 | 3,5 | 0,3 | 0 |
| 327 | 1,2 | 8 | 0 | 1054 | 3,5 | 0,7 | 0 |
| 328 | 0,8 | 8 | 0 | 1055 | 3,5 | 1,1 | 0 |
| 329 | 0,4 | 8 | 0 | 1056 | 3,5 | 1,5 | 0 |
| 536 | 0 | 7,61 | 0 | 1057 | 3,5 | 1,9 | 0 |
| 538 | 0 | 7,21 | 0 | 1058 | 3,5 | 2,3 | 0 |
| 539 | 0 | 6,82 | 0 | 1059 | 3,5 | 2,7 | 0 |
| 540 | 0 | 6,42 | 0 | 1060 | 3,5 | 3,1 | 0 |
| 544 | 0 | 6,03 | 0 | 1061 | 3,5 | 3,5 | 0 |
| 545 | 0 | 5,63 | 0 | 1062 | 3,5 | 3,9 | 0 |
| 546 | 0 | 5,24 | 0 | 1063 | 3,5 | 4,7 | 0 |
| 547 | 0 | 4,84 | 0 | 1064 | 3,5 | 5,1 | 0 |
| 550 | 0 | 4,05 | 0 | 1065 | 3,5 | 5,5 | 0 |
| 570 | 0 | 3,64 | 0 | 1066 | 3,5 | 5,9 | 0 |
| 571 | 0 | 3,24 | 0 | 1067 | 3,5 | 6,3 | 0 |
| 572 | 0 | 2,83 | 0 | 1068 | 3,5 | 6,7 | 0 |
| 573 | 0 | 2,43 | 0 | 1069 | 3,5 | 7,1 | 0 |
| 574 | 0 | 2,02 | 0 | 1070 | 3,5 | 7,5 | 0 |
| 575 | 0 | 1,62 | 0 | 1071 | -0,5 | -0,5 | 0 |
| 576 | 0 | 1,21 | 0 | 1072 | -0,12 | -0,5 | 0 |
| 577 | 0 | 0,81 | 0 | 1073 | -0,5 | -0,11 | 0 |
| 578 | 0 | 0,4 | 0 | 1076 | -0,5 | 0,67 | 0 |
| 616 | 0,4 | 0 | 0 | 1077 | -0,5 | 0,28 | 0 |
| 617 | 0,8 | 0 | 0 | 1079 | -0,5 | 1,07 | 0 |
| 618 | 1,2 | 0 | 0 | 1080 | 0,27 | -0,5 | 0 |
| 619 | 1,6 | 0 | 0 | 1083 | -0,5 | 1,46 | 0 |
| 620 | 2 | 0 | 0 | 1085 | -0,5 | 1,85 | 0 |
| 621 | 2,4 | 0 | 0 | 1086 | -0,5 | 2,24 | 0 |
| 622 | 2,8 | 0 | 0 | 1089 | -0,5 | 2,63 | 0 |
| 623 | 3,2 | 0 | 0 | 1091 | -0,5 | 3,41 | 0 |
| 624 | 3,6 | 0 | 0 | 1092 | -0,5 | 3,02 | 0 |
| 928 | 0,3 | 0,3 | 0 | 1094 | 0,34 | 3,2 | 0 |
| 929 | 0,7 | 0,3 | 0 | 1098 | 0,65 | -0,5 | 0 |
| 930 | 0,7 | 0,7 | 0 | 1099 | 1,04 | -0,5 | 0 |
| 931 | 0,3 | 0,7 | 0 | 1102 | 1,42 | -0,5 | 0 |
| 932 | 0,7 | 1,1 | 0 | 1104 | 1,8 | 0,42 | 0 |
| 933 | 0,3 | 1,1 | 0 | 1106 | 1,81 | -0,5 | 0 |
| 934 | 0,7 | 1,5 | 0 | 1108 | 1,5 | 1,04 | 0 |
| 935 | 0,3 | 1,5 | 0 | 1109 | 1,71 | 1,02 | 0 |
| 936 | 0,7 | 1,9 | 0 | 1110 | 2,02 | 1,01 | 0 |
| 937 | 0,3 | 1,9 | 0 | 1111 | 1,86 | 1,05 | 0 |
| 938 | 0,7 | 2,3 | 0 | 1113 | 1,41 | 2,39 | 0 |
| 939 | 0,3 | 2,3 | 0 | 1117 | 1,71 | 1,27 | 0 |
| 940 | 0,7 | 2,7 | 0 | 1119 | 1,49 | 1,26 | 0 |
| 941 | 0,3 | 2,7 | 0 | 1121 | 1,85 | 2,54 | 0 |
| 942 | 0,3 | 4,7 | 0 | 1122 | 1,94 | 3,2 | 0 |
| 943 | 0,7 | 4,7 | 0 | 1123 | 1,95 | 1,26 | 0 |
| 944 | 0,7 | 5,1 | 0 | 1125 | -0,5 | 4,2 | 0 |



| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 945 | 0,3 | 5,1 | 0 | 1126 | -0,5 | 3,8 | 0 |
| 946 | 0,7 | 5,5 | 0 | 1128 | -0,5 | 4,59 | 0 |
| 947 | 0,3 | 5,5 | 0 | 1131 | -0,5 | 4,98 | 0 |
| 948 | 0,7 | 5,9 | 0 | 1133 | -0,5 | 5,76 | 0 |
| 949 | 0,3 | 5,9 | 0 | 1134 | -0,5 | 5,37 | 0 |
| 950 | 0,7 | 6,3 | 0 | 1138 | 0,32 | 3,84 | 0 |
| 951 | 0,3 | 6,3 | 0 | 1139 | -0,5 | 6,54 | 0 |
| 952 | 0,7 | 6,7 | 0 | 1140 | -0,5 | 6,15 | 0 |
| 953 | 0,3 | 6,7 | 0 | 1142 | -0,5 | 6,93 | 0 |
| 954 | 0,7 | 7,1 | 0 | 1144 | -0,5 | 7,72 | 0 |
| 955 | 0,3 | 7,1 | 0 | 1145 | -0,5 | 7,33 | 0 |
| 956 | 0,7 | 7,5 | 0 | 1147 | -0,5 | 8,5 | 0 |
| 957 | 0,3 | 7,5 | 0 | 1148 | -0,5 | 8,11 | 0 |
| 958 | 1,1 | 0,3 | 0 | 1149 | -0,12 | 8,5 | 0 |
| 959 | 1,1 | 0,7 | 0 | 1152 | 0,27 | 8,5 | 0 |
| 960 | 1,1 | 1,1 | 0 | 1155 | 1,9 | 3,86 | 0 |
| 961 | 1,1 | 1,5 | 0 | 1158 | 3,7 | 4,15 | 0 |
| 962 | 1,1 | 1,9 | 0 | 1163 | 0,65 | 8,5 | 0 |
| 963 | 1,1 | 2,3 | 0 | 1166 | 1,04 | 8,5 | 0 |
| 964 | 1,1 | 2,7 | 0 | 1167 | 1,42 | 8,5 | 0 |
| 965 | 1,1 | 3,1 | 0 | 1168 | 1,81 | 8,5 | 0 |
| 966 | 0,7 | 3,1 | 0 | 1172 | 2,19 | -0,5 | 0 |
| 967 | 1,1 | 3,5 | 0 | 1173 | 2,58 | -0,5 | 0 |
| 968 | 0,7 | 3,5 | 0 | 1176 | 2,96 | -0,5 | 0 |
| 969 | 1,1 | 3,9 | 0 | 1179 | 3,35 | -0,5 | 0 |
| 970 | 0,7 | 3,9 | 0 | 1186 | 3,73 | -0,5 | 0 |
| 971 | 1,1 | 4,7 | 0 | 1188 | 4,12 | -0,5 | 0 |
| 972 | 1,1 | 5,1 | 0 | 1190 | 4,5 | 1,07 | 0 |
| 973 | 1,1 | 5,5 | 0 | 1191 | 4,5 | 0,67 | 0 |
| 974 | 1,1 | 5,9 | 0 | 1193 | 4,5 | 0,28 | 0 |
| 975 | 1,1 | 6,3 | 0 | 1194 | 4,5 | -0,5 | 0 |
| 976 | 1,1 | 6,7 | 0 | 1195 | 4,5 | -0,11 | 0 |
| 977 | 1,1 | 7,1 | 0 | 1196 | 4,5 | 1,46 | 0 |
| 978 | 1,1 | 7,5 | 0 | 1197 | 4,5 | 1,85 | 0 |
| 979 | 1,5 | 1,5 | 0 | 1202 | 4,5 | 2,24 | 0 |
| 980 | 1,5 | 1,9 | 0 | 1203 | 4,5 | 2,63 | 0 |
| 981 | 1,5 | 2,7 | 0 | 1204 | 4,5 | 3,02 | 0 |
| 982 | 1,5 | 3,1 | 0 | 1206 | 4,5 | 3,41 | 0 |
| 983 | 1,5 | 3,5 | 0 | 1207 | 4,5 | 3,8 | 0 |
| 984 | 1,5 | 3,9 | 0 | 1213 | 2,19 | 8,5 | 0 |
| 985 | 1,5 | 4,7 | 0 | 1214 | 2,58 | 8,5 | 0 |
| 986 | 1,5 | 5,1 | 0 | 1219 | 2,96 | 8,5 | 0 |
| 987 | 1,5 | 5,5 | 0 | 1220 | 3,35 | 8,5 | 0 |
| 988 | 1,5 | 5,9 | 0 | 1223 | 4,5 | 4,2 | 0 |
| 989 | 1,5 | 6,3 | 0 | 1224 | 4,5 | 4,98 | 0 |
| 990 | 1,5 | 6,7 | 0 | 1225 | 4,5 | 5,76 | 0 |
| 991 | 1,5 | 7,1 | 0 | 1226 | 4,5 | 5,37 | 0 |
| 992 | 1,5 | 7,5 | 0 | 1227 | 4,5 | 4,59 | 0 |
| 993 | 1,9 | 1,5 | 0 | 1228 | 4,5 | 6,15 | 0 |
| 994 | 1,9 | 1,9 | 0 | 1229 | 4,5 | 6,54 | 0 |
| 995 | 1,9 | 4,7 | 0 | 1232 | 4,5 | 6,93 | 0 |

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 996 | 1,9 | 5,1 | 0 | 1235 | 3,73 | 8,5 | 0 |
| 997 | 1,9 | 5,5 | 0 | 1236 | 4,5 | 7,33 | 0 |
| 998 | 1,9 | 5,9 | 0 | 1237 | 4,5 | 7,72 | 0 |
| 999 | 1,9 | 6,3 | 0 | 1238 | 4,12 | 8,5 | 0 |
| 1000 | 1,9 | 6,7 | 0 | 1239 | 4,5 | 8,11 | 0 |
| | | | | 1240 | 4,5 | 8,5 | 0 |

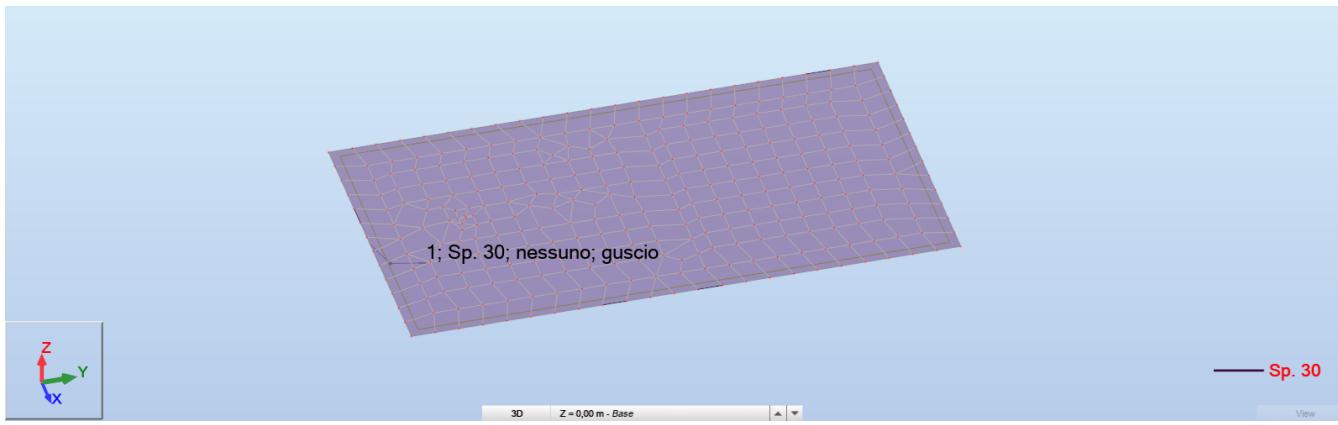
 - **Pannelli**


FIG17. – 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.

b. Fondazione_Cabina di Trasformazione

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 7029 kN/m³ e orizzontale pari a 3514 kN/m³, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

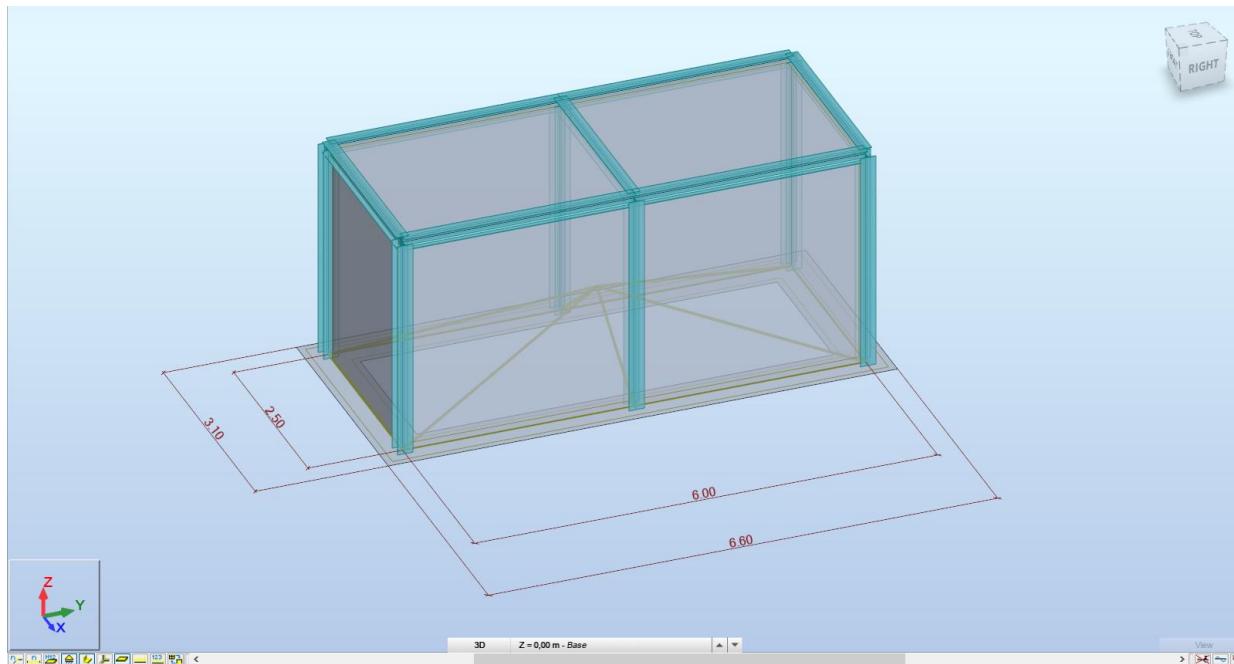


FIG18. – Planimetria modello di calcolo

Elementi tipo shell:

Elementi tipo "shell" che rappresentano la platea di fondazione: TH = 50 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.

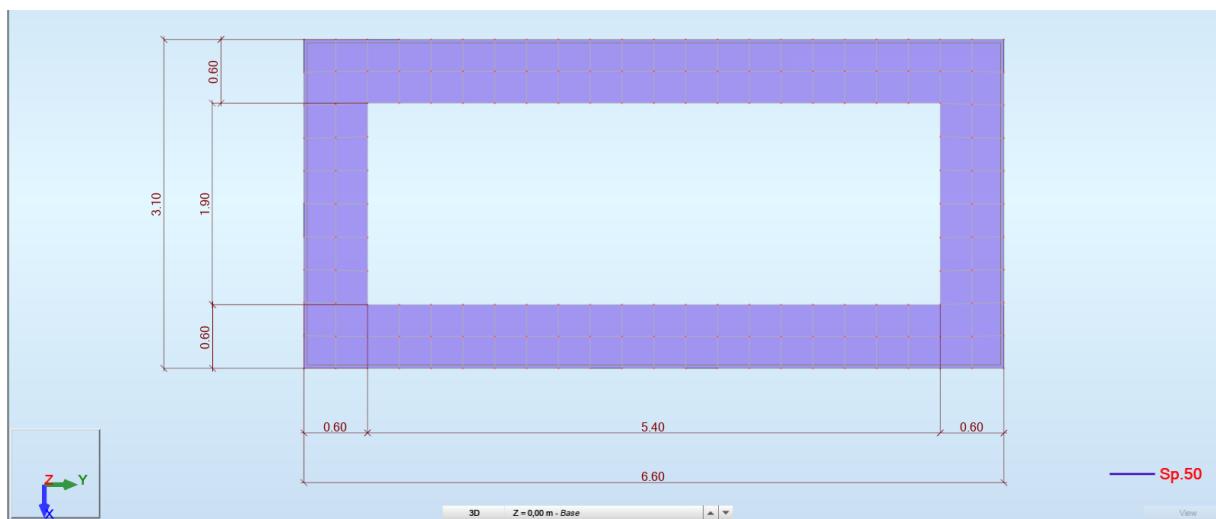


FIG19. – Planimetria modello di calcolo

- **Coordinate e Numerazione Nodi_Fondazione**

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0,62 | 5,7 | 0 |
| 2 | 2,5 | 0 | 0 | 96 | 0,93 | 5,7 | 0 |
| 3 | 0 | 3 | 0 | 97 | 0,94 | 6 | 0 |
| 4 | 2,5 | 3 | 0 | 98 | 0,63 | 6,3 | 0 |
| 5 | 0 | 6 | 0 | 99 | 0,94 | 6,3 | 0 |
| 6 | 2,5 | 6 | 0 | 100 | 1,25 | 6 | 0 |
| 14 | -0,3 | 0 | 0 | 101 | 1,25 | 5,7 | 0 |
| 15 | -0,3 | -0,3 | 0 | 102 | 1,87 | -0,3 | 0 |
| 17 | -0,3 | 0,6 | 0 | 103 | 1,88 | 0 | 0 |
| 18 | -0,3 | 0,3 | 0 | 104 | 1,57 | 0,3 | 0 |
| 19 | 0 | 0,6 | 0 | 105 | 1,88 | 0,3 | 0 |
| 20 | -0,3 | 0,9 | 0 | 106 | 2,18 | -0,3 | 0 |
| 21 | 0 | 0,9 | 0 | 107 | 2,49 | -0,3 | 0 |
| 22 | 0 | 0,3 | 0 | 108 | 2,19 | 0 | 0 |
| 23 | 0,3 | 0,3 | 0 | 109 | 2,2 | 0,3 | 0 |
| 24 | -0,3 | 1,2 | 0 | 111 | 2,8 | -0,3 | 0 |
| 25 | 0 | 1,2 | 0 | 112 | 2,5 | 0,6 | 0 |
| 26 | 0,3 | 0,6 | 0 | 113 | 2,2 | 0,6 | 0 |
| 27 | 0,01 | -0,3 | 0 | 114 | 2,5 | 1,2 | 0 |
| 28 | -0,3 | 1,8 | 0 | 115 | 2,2 | 1,2 | 0 |
| 29 | -0,3 | 1,5 | 0 | 116 | 2,2 | 0,9 | 0 |
| 30 | 0 | 1,8 | 0 | 117 | 2,2 | 1,5 | 0 |
| 31 | -0,3 | 2,4 | 0 | 118 | 2,5 | 0,9 | 0 |
| 32 | -0,3 | 2,1 | 0 | 119 | 2,2 | 2,1 | 0 |
| 33 | 0 | 2,1 | 0 | 120 | 2,2 | 1,8 | 0 |
| 34 | -0,3 | 2,7 | 0 | 121 | 2,5 | 1,8 | 0 |
| 35 | 0 | 2,4 | 0 | 122 | 2,5 | 1,5 | 0 |
| 36 | 0 | 1,5 | 0 | 123 | 2,2 | 2,4 | 0 |
| 37 | 0,3 | 1,2 | 0 | 124 | 2,5 | 2,1 | 0 |
| 38 | 0,3 | 1,5 | 0 | 125 | 2,5 | 2,4 | 0 |
| 39 | 0,3 | 2,1 | 0 | 126 | 2,2 | 2,7 | 0 |
| 40 | 0 | 2,7 | 0 | 127 | 2,5 | 2,7 | 0 |
| 41 | 0,3 | 2,4 | 0 | 128 | 2,2 | 3 | 0 |
| 42 | 0,3 | 1,8 | 0 | 129 | 2,5 | 0,3 | 0 |
| 44 | 0,3 | 0,9 | 0 | 130 | 2,8 | 0 | 0 |
| 45 | 0,32 | -0,3 | 0 | 131 | 2,8 | 0,6 | 0 |
| 46 | 0,31 | 0 | 0 | 132 | 2,8 | 0,9 | 0 |
| 47 | 0,62 | 0,3 | 0 | 133 | 2,8 | 1,2 | 0 |
| 48 | 0,63 | 0 | 0 | 134 | 2,8 | 0,3 | 0 |
| 49 | 0,63 | -0,3 | 0 | 135 | 2,8 | 1,5 | 0 |
| 50 | 0,94 | -0,3 | 0 | 136 | 2,8 | 1,8 | 0 |
| 51 | 0,94 | 0 | 0 | 137 | 2,8 | 2,4 | 0 |
| 52 | 1,25 | 0 | 0 | 139 | 2,8 | 2,7 | 0 |
| 53 | 1,25 | -0,3 | 0 | 140 | 2,8 | 2,1 | 0 |
| 54 | 1,56 | -0,3 | 0 | 141 | 2,8 | 3 | 0 |
| 55 | 0,93 | 0,3 | 0 | 142 | 2,8 | 3,3 | 0 |
| 56 | 1,25 | 0,3 | 0 | 143 | 2,5 | 3,3 | 0 |
| 57 | 0,3 | 2,7 | 0 | 144 | 2,5 | 3,6 | 0 |
| 58 | 1,56 | 0 | 0 | 145 | 2,2 | 3,9 | 0 |

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 59 | 0,3 | 3 | 0 | 146 | 2,2 | 3,6 | 0 |
| 60 | -0,3 | 3,3 | 0 | 147 | 1,57 | 5,7 | 0 |
| 61 | -0,3 | 3 | 0 | 148 | 1,56 | 6 | 0 |
| 62 | -0,3 | 3,9 | 0 | 149 | 2,2 | 4,2 | 0 |
| 63 | -0,3 | 3,6 | 0 | 150 | 2,5 | 3,9 | 0 |
| 64 | 0 | 3,6 | 0 | 151 | 2,5 | 4,5 | 0 |
| 65 | -0,3 | 4,2 | 0 | 152 | 2,2 | 4,8 | 0 |
| 66 | 0 | 3,9 | 0 | 153 | 2,2 | 4,5 | 0 |
| 67 | 0 | 3,3 | 0 | 154 | 2,5 | 5,1 | 0 |
| 68 | 0,3 | 3,6 | 0 | 155 | 2,2 | 5,4 | 0 |
| 69 | 0 | 4,2 | 0 | 156 | 2,2 | 5,1 | 0 |
| 70 | 0,3 | 3,9 | 0 | 157 | 2,5 | 5,4 | 0 |
| 71 | 0,3 | 3,3 | 0 | 158 | 2,2 | 5,7 | 0 |
| 72 | 0 | 4,5 | 0 | 159 | 2,5 | 4,8 | 0 |
| 73 | -0,3 | 4,8 | 0 | 160 | 2,5 | 4,2 | 0 |
| 74 | -0,3 | 4,5 | 0 | 161 | 1,56 | 6,3 | 0 |
| 75 | -0,3 | 5,4 | 0 | 162 | 1,25 | 6,3 | 0 |
| 76 | -0,3 | 5,1 | 0 | 163 | 1,87 | 6,3 | 0 |
| 77 | 0 | 5,1 | 0 | 164 | 1,88 | 6 | 0 |
| 78 | -0,3 | 5,7 | 0 | 165 | 2,19 | 6 | 0 |
| 79 | 0 | 5,4 | 0 | 166 | 1,88 | 5,7 | 0 |
| 80 | 0 | 4,8 | 0 | 167 | 2,18 | 6,3 | 0 |
| 81 | 0,3 | 4,5 | 0 | 168 | 2,49 | 6,3 | 0 |
| 82 | 0,3 | 4,8 | 0 | 170 | 2,2 | 3,3 | 0 |
| 83 | -0,3 | 6,3 | 0 | 171 | 2,8 | 3,9 | 0 |
| 84 | -0,3 | 6 | 0 | 172 | 2,8 | 4,2 | 0 |
| 86 | 0 | 5,7 | 0 | 173 | 2,8 | 3,6 | 0 |
| 87 | 0,3 | 5,1 | 0 | 174 | 2,8 | 4,5 | 0 |
| 88 | 0,3 | 4,2 | 0 | 175 | 2,8 | 4,8 | 0 |
| 89 | 0,3 | 5,4 | 0 | 176 | 2,5 | 5,7 | 0 |
| 90 | 0,3 | 5,7 | 0 | 177 | 2,8 | 5,4 | 0 |
| 91 | 0,31 | 6 | 0 | 178 | 2,8 | 5,7 | 0 |
| 92 | 0,01 | 6,3 | 0 | 179 | 2,8 | 5,1 | 0 |
| 93 | 0,32 | 6,3 | 0 | 180 | 2,8 | 6 | 0 |
| 94 | 0,63 | 6 | 0 | 181 | 2,8 | 6,3 | 0 |

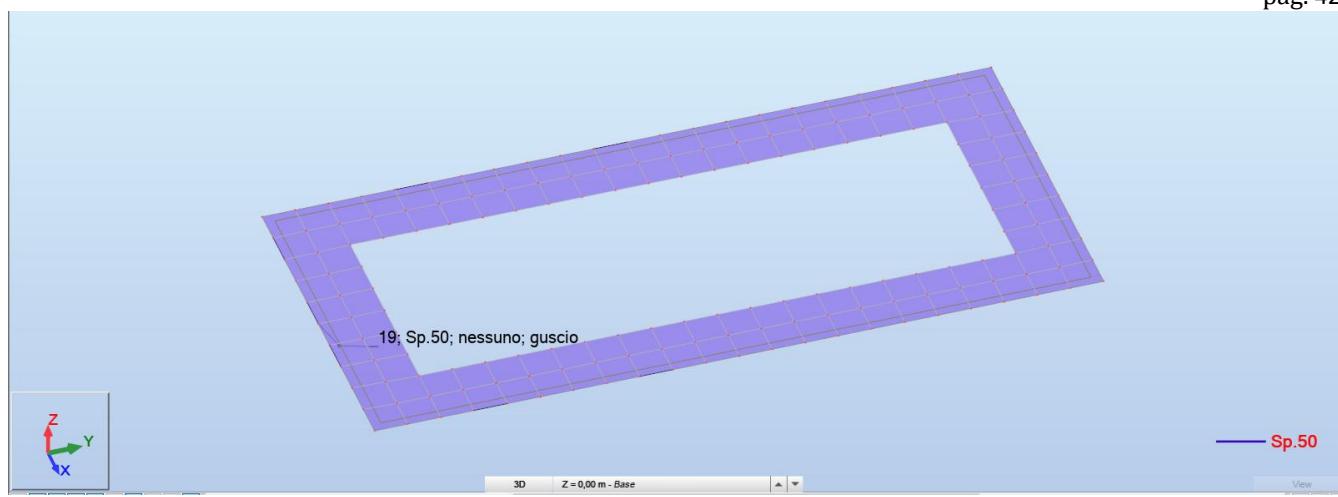


FIG20. – Numerazione Pannelli

| Pannello | Spessore | Materiale | Tipo di Meshatura | Oggetto di costruzione |
|----------|-----------------|-----------|-------------------|------------------------|
| 1 | Fondazione 50cm | 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°19) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

c. Fondazione_Cabina di Consegna

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 3567 kN/m³ e orizzontale pari a 1783 kN/m³, i pedestal invece sono stati schematizzati come elementi monodimensionali tipo "beam".

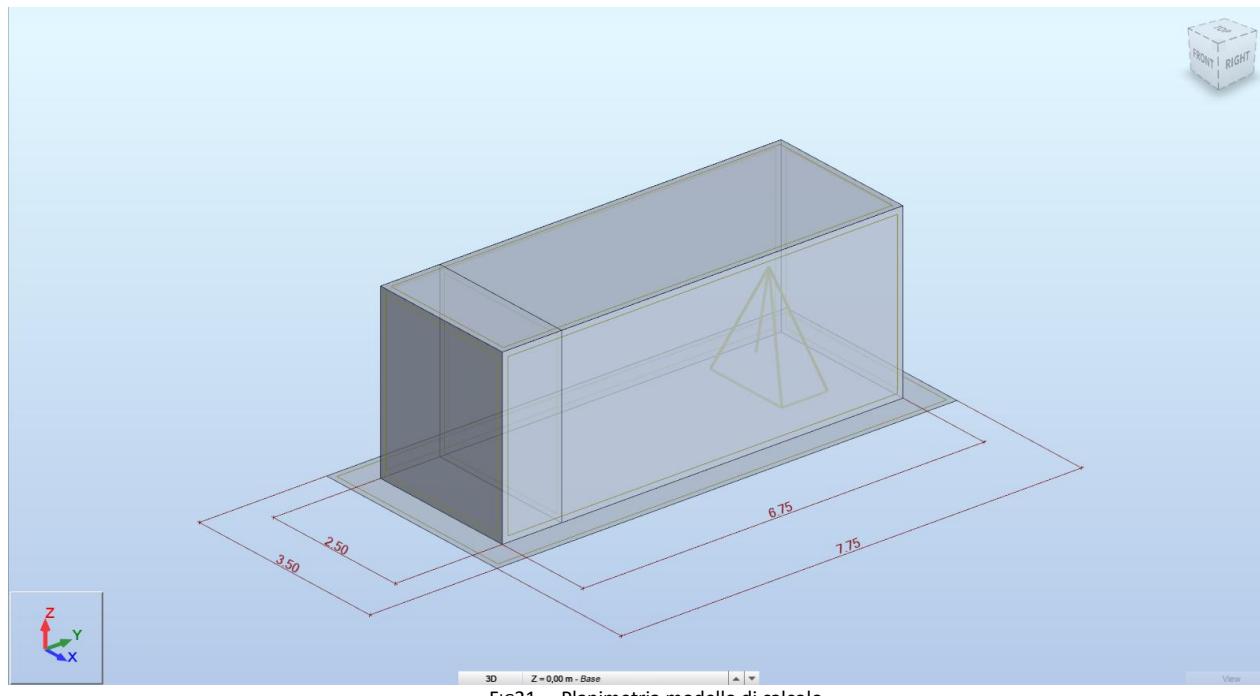


FIG21. – Planimetria modello di calcolo

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.

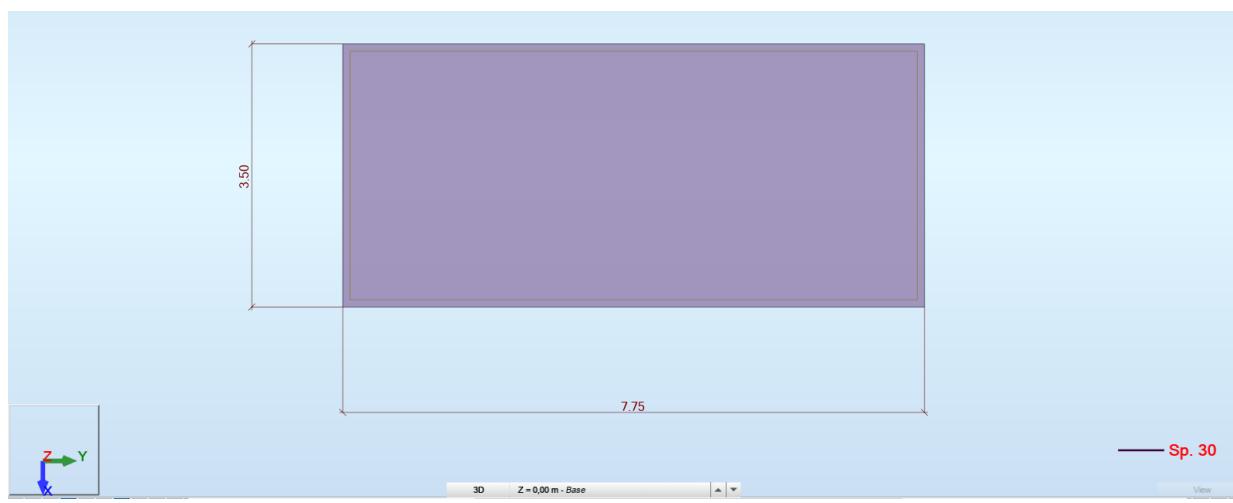


FIG22. – Planimetria modello di calcolo



- Coordinate e Numerazione Nodi_Fondazione

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 725 | 1,9 | 0,3 | 0 |
| 2 | 2,5 | 0 | 0 | 726 | 1,9 | 0,7 | 0 |
| 3 | 2,5 | 6,75 | 0 | 727 | 1,9 | 2,3 | 0 |
| 4 | 0 | 6,75 | 0 | 728 | 1,9 | 2,7 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 729 | 1,9 | 3,1 | 0 |
| 6 | 2,5 | 1 | 0 | 730 | 1,9 | 3,5 | 0 |
| 7 | 0,25 | 1,8 | 0 | 731 | 1,9 | 3,9 | 0 |
| 8 | 0,25 | 4,6 | 0 | 732 | 1,9 | 4,3 | 0 |
| 9 | 1,4 | 1,8 | 0 | 733 | 1,9 | 1,5 | 0 |
| 10 | 1,4 | 4,6 | 0 | 734 | 2,3 | 1,5 | 0 |
| 13 | 0,25 | 1,1 | 0 | 735 | 2,3 | 1,9 | 0 |
| 14 | 1,4 | 1,1 | 0 | 736 | 1,9 | 1,9 | 0 |
| 15 | 0,25 | 5,35 | 0 | 737 | 2,3 | 2,3 | 0 |
| 18 | 1,72 | 5,35 | 0 | 738 | 2,3 | 2,7 | 0 |
| 19 | 0,25 | 6,12 | 0 | 739 | 2,3 | 3,1 | 0 |
| 20 | 1,72 | 6,12 | 0 | 740 | 2,3 | 3,5 | 0 |
| 242 | 2,5 | 1,3 | 0 | 741 | 2,3 | 3,9 | 0 |
| 243 | 2,5 | 1,66 | 0 | 742 | 2,3 | 4,3 | 0 |
| 248 | 2,5 | 2,09 | 0 | 743 | 2,3 | 4,7 | 0 |
| 249 | 2,5 | 2,54 | 0 | 744 | 1,9 | 4,7 | 0 |
| 278 | 2,5 | 2,98 | 0 | 745 | 2,3 | 5,1 | 0 |
| 279 | 2,5 | 3,43 | 0 | 746 | 1,9 | 5,1 | 0 |
| 280 | 2,5 | 3,88 | 0 | 747 | -0,5 | -0,5 | 0 |
| 281 | 2,5 | 4,32 | 0 | 748 | -0,29 | -0,29 | 0 |
| 282 | 2,5 | 4,77 | 0 | 749 | -0,5 | -0,2 | 0 |
| 283 | 2,5 | 5,21 | 0 | 750 | -0,2 | -0,5 | 0 |
| 285 | 2,5 | 5,66 | 0 | 752 | 2,23 | 6,48 | 0 |
| 286 | 2,5 | 6,09 | 0 | 753 | 2,11 | 6,11 | 0 |
| 289 | 2,5 | 6,45 | 0 | 754 | -0,5 | 0,16 | 0 |
| 385 | 0 | 6,45 | 0 | 756 | -0,28 | 0,4 | 0 |
| 387 | 0 | 6,09 | 0 | 759 | 1,89 | 6,41 | 0 |
| 390 | 0 | 5,66 | 0 | 761 | 1,8 | 5,7 | 0 |
| 395 | 0 | 5,21 | 0 | 763 | 0,16 | -0,5 | 0 |
| 396 | 0 | 4,32 | 0 | 764 | 0,27 | 0,27 | 0 |
| 397 | 0 | 4,77 | 0 | 766 | 0,21 | 0,79 | 0 |
| 398 | 0 | 3,88 | 0 | 767 | -0,37 | 0,86 | 0 |
| 399 | 0 | 3,43 | 0 | 768 | 0,13 | 1 | 0 |
| 400 | 0 | 2,98 | 0 | 769 | 0 | 0,88 | 0 |
| 401 | 0 | 2,54 | 0 | 771 | -0,15 | 0,94 | 0 |
| 422 | 0 | 2,09 | 0 | 772 | 2,24 | 5,44 | 0 |
| 424 | 0 | 1,66 | 0 | 773 | 2,14 | 5,76 | 0 |
| 425 | 0 | 1,3 | 0 | 774 | -0,5 | 1,06 | 0 |
| 430 | 0 | 0,7 | 0 | 775 | -0,25 | 1,06 | 0 |
| 437 | 0 | 0,5 | 0 | 776 | -0,5 | 1,52 | 0 |
| 441 | 0 | 0,3 | 0 | 777 | -0,5 | 2,45 | 0 |
| 483 | 0,3 | 1 | 0 | 778 | -0,5 | 1,98 | 0 |
| 495 | 0,66 | 1 | 0 | 780 | -0,5 | 2,91 | 0 |
| 499 | 1,09 | 1 | 0 | 784 | 0 | 1,13 | 0 |
| 524 | 1,41 | 1 | 0 | 786 | 0,3 | 1,42 | 0 |
| 526 | 1,84 | 1 | 0 | 789 | -0,5 | 3,38 | 0 |



| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 552 | 2,2 | 6,75 | 0 | 792 | 0,59 | -0,5 | 0 |
| 567 | 1,84 | 6,75 | 0 | 796 | 1,03 | -0,5 | 0 |
| 569 | 1,41 | 6,75 | 0 | 798 | 1,47 | -0,5 | 0 |
| 587 | 1,09 | 6,75 | 0 | 800 | 0,37 | 5,71 | 0 |
| 588 | 0,66 | 6,75 | 0 | 801 | 0,29 | 4,99 | 0 |
| 590 | 0,3 | 6,75 | 0 | 806 | 0,48 | 1,15 | 0 |
| 620 | 0,3 | 0 | 0 | 807 | 1,19 | 1,25 | 0 |
| 635 | 0,66 | 0 | 0 | 809 | 3 | 0,16 | 0 |
| 637 | 1,09 | 0 | 0 | 810 | 3 | 0,59 | 0 |
| 655 | 1,41 | 0 | 0 | 811 | 2,78 | 0,4 | 0 |
| 656 | 1,84 | 0 | 0 | 812 | 1,25 | 1 | 0 |
| 658 | 2,2 | 0 | 0 | 813 | 1,57 | 1,54 | 0 |
| 677 | 0,3 | 2,3 | 0 | 817 | 1,33 | 0,81 | 0 |
| 678 | 0,7 | 2,3 | 0 | 819 | -0,5 | 3,84 | 0 |
| 679 | 0,7 | 2,7 | 0 | 821 | -0,5 | 4,77 | 0 |
| 680 | 0,3 | 2,7 | 0 | 822 | -0,5 | 4,3 | 0 |
| 681 | 0,7 | 3,1 | 0 | 824 | -0,5 | 5,23 | 0 |
| 682 | 0,3 | 3,1 | 0 | 829 | -0,5 | 5,69 | 0 |
| 683 | 0,7 | 3,5 | 0 | 830 | -0,5 | 6,16 | 0 |
| 684 | 0,3 | 3,5 | 0 | 831 | -0,5 | 6,95 | 0 |
| 685 | 0,7 | 3,9 | 0 | 832 | -0,5 | 6,59 | 0 |
| 686 | 0,3 | 3,9 | 0 | 833 | -0,29 | 7,04 | 0 |
| 687 | 0,7 | 4,3 | 0 | 834 | -0,5 | 7,25 | 0 |
| 688 | 0,3 | 4,3 | 0 | 837 | 0,27 | 6,48 | 0 |
| 689 | 0,7 | 0,3 | 0 | 838 | 0,16 | 7,25 | 0 |
| 690 | 1,1 | 0,3 | 0 | 840 | -0,2 | 7,25 | 0 |
| 691 | 1,1 | 0,7 | 0 | 841 | 1,52 | 1,24 | 0 |
| 692 | 0,7 | 0,7 | 0 | 843 | 2,2 | 0,6 | 0 |
| 693 | 0,7 | 1,5 | 0 | 845 | 0,59 | 7,25 | 0 |
| 694 | 1,1 | 1,5 | 0 | 846 | 1,03 | 7,25 | 0 |
| 695 | 1,1 | 1,9 | 0 | 847 | 1,62 | 1 | 0 |
| 696 | 0,7 | 1,9 | 0 | 848 | 1,52 | 1,06 | 0 |
| 697 | 1,1 | 2,3 | 0 | 851 | 1,7 | 1,26 | 0 |
| 698 | 1,1 | 2,7 | 0 | 856 | 1,91 | -0,5 | 0 |
| 699 | 1,1 | 3,1 | 0 | 858 | 2,34 | -0,5 | 0 |
| 700 | 1,1 | 3,5 | 0 | 859 | 2,23 | 0,27 | 0 |
| 701 | 1,1 | 3,9 | 0 | 860 | -0,5 | 0,59 | 0 |
| 702 | 1,1 | 4,3 | 0 | 868 | 2,79 | -0,29 | 0 |
| 703 | 1,1 | 4,7 | 0 | 870 | 2,7 | -0,5 | 0 |
| 704 | 0,7 | 4,7 | 0 | 871 | 3 | -0,5 | 0 |
| 705 | 1,1 | 5,1 | 0 | 872 | 3 | -0,2 | 0 |
| 706 | 0,7 | 5,1 | 0 | 873 | 3 | 1,06 | 0 |
| 707 | 1,1 | 5,5 | 0 | 874 | 3 | 1,52 | 0 |
| 708 | 0,7 | 5,5 | 0 | 876 | 3 | 2,45 | 0 |
| 709 | 1,1 | 5,9 | 0 | 878 | 3 | 1,98 | 0 |
| 710 | 0,7 | 5,9 | 0 | 879 | 3 | 2,91 | 0 |
| 711 | 1,1 | 6,3 | 0 | 880 | 3 | 3,38 | 0 |
| 712 | 0,7 | 6,3 | 0 | 884 | 1,47 | 7,25 | 0 |
| 713 | 1,5 | 0,3 | 0 | 885 | 1,91 | 7,25 | 0 |
| 714 | 1,5 | 0,7 | 0 | 886 | 2,34 | 7,25 | 0 |
| 715 | 1,5 | 2,3 | 0 | 888 | 3 | 3,84 | 0 |

| Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) | Nodo | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 716 | 1,5 | 2,7 | 0 | 890 | 3 | 4,77 | 0 |
| 717 | 1,5 | 3,1 | 0 | 892 | 3 | 4,3 | 0 |
| 718 | 1,5 | 3,5 | 0 | 893 | 3 | 5,23 | 0 |
| 719 | 1,5 | 3,9 | 0 | 895 | 3 | 6,16 | 0 |
| 720 | 1,5 | 4,3 | 0 | 896 | 3 | 6,59 | 0 |
| 721 | 1,5 | 5,1 | 0 | 897 | 2,7 | 7,25 | 0 |
| 722 | 1,5 | 5,5 | 0 | 898 | 2,79 | 7,04 | 0 |
| 723 | 1,5 | 5,9 | 0 | 899 | 3 | 5,69 | 0 |
| 724 | 1,5 | 6,3 | 0 | 900 | 3 | 6,95 | 0 |
| | | | | 901 | 3 | 7,25 | 0 |

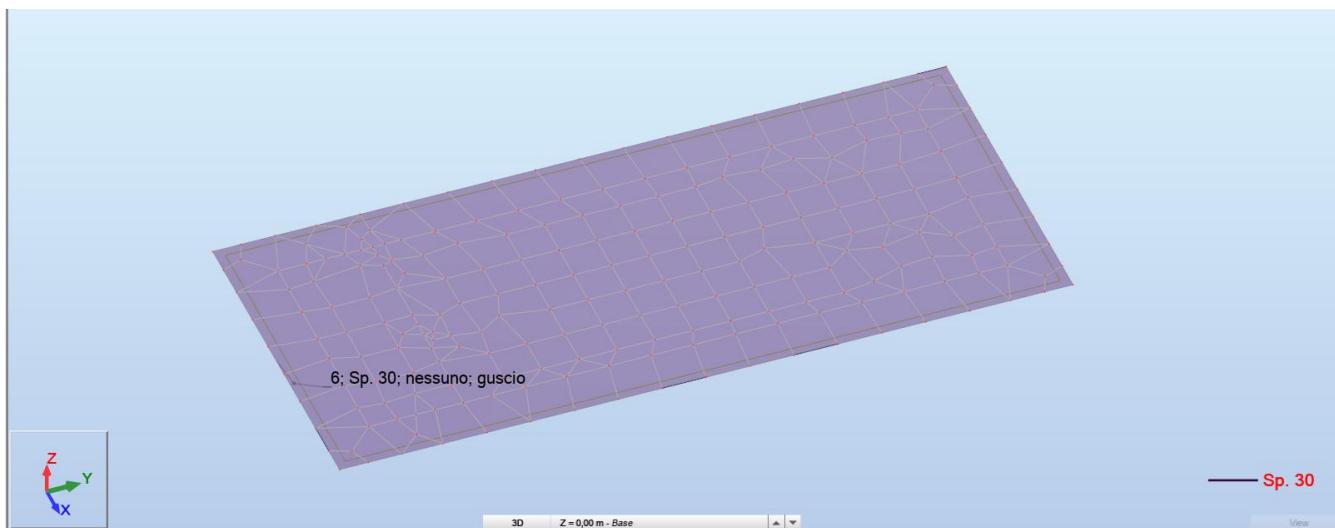


Fig23. – Numerazione Pannelli

| 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°6) che raggruppano tutti gli elementi finiti.

2.11 Carichi applicate e combinazione di carico
a. 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:

| Caso | Etichetta | Nome | Natura | Tipo di analisi |
|------|-----------|-----------------|---------------|--------------------|
| 1 | G1 | G1 | Permanenti | Static - Linear |
| 2 | G2 | G2 | Perm.Non-str. | Static - Linear |
| 3 | Q | Q | Categoria E | Static - Linear |
| 4 | N | N | Neve H<1000 | Static - Linear |
| 5 | Vx+ | Vx+ | Vento | Static - Linear |
| 6 | Vx- | Vx- | Vento | Static - Linear |
| 7 | Vy+ | Vy+ | Vento | Static - Linear |
| 8 | Vy- | Vy- | Vento | Static - Linear |
| 9 | T | T | Termiche | Static - Linear |
| 10 | MOD10 | Modale | | Modal |
| 11 | SIS11 | SLD X | Sismiche SLE | Dynamics - Seismic |
| 12 | SIS12 | SLV X | Sismiche SLU | Dynamics - Seismic |
| 13 | SIS13 | SLD Y | Sismiche SLE | Dynamics - Seismic |
| 14 | SIS14 | SLV Y | Sismiche SLU | Dynamics - Seismic |
| 15 | SLD X | SLD X Equipment | Sismiche SLE | Static - Linear |
| 16 | SLV X | SLV X Equipment | Sismiche SLU | Static - Linear |
| 17 | SLD Y | SLD Y Equipment | Sismiche SLE | Static - Linear |
| 18 | SLV Y | SLV Y Equipment | Sismiche SLU | Static - Linear |

b. Tabella dei Carichi_ Cabina d'interfaccia

Di seguito i calori delle reazioni vinicolori, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

| Numero Condizione | Condizione | Tipo di Carico | Lista nodi | Valore di Carico |
|-------------------|-----------------|------------------------|------------|---|
| 1 | G1 | self-weight | 1to3 5to8 | ' PZ Negative Factor=1,10 |
| 2 | G2 | nodal force | 23 | ' FZ=-8,70(kN) |
| 2 | G2 | (FE) uniform | 1 | ' PZ=-0,50(kN/m2) |
| 2 | G2 | (FE) planar on contour | 1 | ' PZ1=-8,70(kN/m2) P1(1.37, 0, 0) P2(1.37, 0.875, 0) P3(2.29, 0.875, 0) P4(2.29, 0, 0) |
| 2 | G2 | (FE) planar on contour | 1 | ' PZ1=-14,90(kN/m2) P1(1.74, 0.875, 0) P2(1.74, 1.15, 0) P3(2.29, 1.15, 0) P4(2.29, 0.875, 0) |
| 2 | G2 | (FE) planar on contour | 1 | ' PZ1=-17,80(kN/m2) P1(1.68, 1.15, 0) P2(1.68, 2.19, 0) P3(2.29, 2.19, 0) P4(2.29, 1.15, 0) |
| 3 | Q | (FE) uniform | 1 | ' PZ=-2,00(kN/m2) |
| 3 | Q | (FE) uniform | 2 | ' PZ=-0,50(kN/m2) |
| 4 | N | (FE) uniform | 2 | ' PZ=-1,20(kN/m2) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 5 7 | ' PX=1,10(kN/m2) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 6 8 | ' PX=0,60(kN/m2) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 2 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 5 7 | ' PX=-1,10(kN/m2) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 6 8 | ' PX=-0,60(kN/m2) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 2 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 5 7 | ' PY=0,60(kN/m2) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 6 8 | ' PY=1,10(kN/m2) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 2 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 5 7 | ' PY=-0,60(kN/m2) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 6 8 | ' PY=-1,10(kN/m2) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 2 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 9 | T | (FE) thermal load 3p | 1to3 5to8 | ' TX1=15,00(°C) N1X=0,0(m) N1Y=0,0(m) N1Z=0,0(m) |
| 15 | SLD X Equipment | nodal force | 23 | ' FX=2,40(kN) |
| 16 | SLV X Equipment | nodal force | 23 | ' FX=5,90(kN) |
| 17 | SLD Y Equipment | nodal force | 23 | ' FY=2,40(kN) |
| 18 | SLV Y Equipment | nodal force | 23 | ' FY=5,90(kN) |

c. Tabella dei Carichi_Cabina di Trasformazione

Di seguito i calori delle reazioni vinicolori, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

| Numero Condizione | Condizione | Tipo di Carico | Lista nodi | Valore di Carico |
|-------------------|-----------------|----------------------|------------|--|
| 1 | G1 | self-weight | 1to19 | ' PZ Negative Factor=1,15 |
| 2 | G2 | (FE) uniform | 19 | ' PZ=-0,50(kN/m ²) |
| 2 | G2 | nodal force | 7 | ' FZ=-250,00(kN) |
| 2 | G2 | uniform load | 7to11 13 | ' PZ=-0,50(kN/m) |
| 3 | Q | (FE) uniform | 19 | ' PZ=-2,00(kN/m ²) |
| 3 | Q | (FE) uniform | 18 | ' PZ=-0,50(kN/m ²) |
| 4 | N | (FE) uniform | 18 | ' PZ=-1,20(kN/m ²) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 14 15 | ' PX=1,10(kN/m ²) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 16 17 | ' PX=0,60(kN/m ²) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 18 | ' PZ=0,60(kN/m ²) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 14 15 | ' PX=-1,10(kN/m ²) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 16 17 | ' PX=-0,60(kN/m ²) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 18 | ' PZ=0,60(kN/m ²) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 16 17 | ' PY=1,10(kN/m ²) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 14 15 | ' PY=0,60(kN/m ²) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 18 | ' PZ=0,60(kN/m ²) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 16 17 | ' PY=-1,10(kN/m ²) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 14 15 | ' PY=-0,60(kN/m ²) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 18 | ' PZ=0,60(kN/m ²) |
| 9 | T | (FE) thermal load 3p | 14to19 | ' TX1=25,00(°C) N1X=0,0(m) N1Y=0,0(m) N1Z=0,0(m) |
| 15 | SLD X Equipment | nodal force | 7 | ' FX=68,75(kN) |
| 16 | SLV X Equipment | nodal force | 7 | ' FX=169,00(kN) |
| 17 | SLD Y Equipment | nodal force | 7 | ' FY=68,75(kN) |
| 18 | SLV Y Equipment | nodal force | 7 | ' FY=169,00(kN) |

d. Tabella dei Carichi_Cabina di Consegna

Di seguito i calori delle reazioni vinicolori, cambiate di segno, delle condizioni di carico ricavate dalla struttura in elevazione.

| Numero Condizione | Condizione | Tipo di Carico | Lista nodi | Valore di Carico |
|-------------------|-----------------|------------------------|------------|---|
| 1 | G1 | self-weight | 1to7 | ' PZ Negative Factor=1,10 |
| 2 | G2 | nodal force | 23 | ' FZ=-16,50(kN) |
| 2 | G2 | (FE) planar on contour | 6 | ' PZ1=-3,11(kN/m2) P1(0,25, 1,1, 0) P2(0,25, 1,8, 0) P3(1,4, 1,8, 0) P4(1,4, 1,1, 0) |
| 2 | G2 | (FE) planar on contour | 6 | ' PZ1=-3,11(kN/m2) P1(0,25, 1,8, 0) P2(0,25, 4,6, 0) P3(1,4, 4,6, 0) P4(1,4, 1,8, 0) |
| 2 | G2 | (FE) uniform | 6 | ' PZ=-0,50(kN/m2) |
| 3 | Q | (FE) uniform | 6 | ' PZ=-2,00(kN/m2) |
| 3 | Q | (FE) uniform | 5 | ' PZ=-0,50(kN/m2) |
| 4 | N | (FE) uniform | 5 | ' PZ=-1,20(kN/m2) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 1 3 | ' PX=1,10(kN/m2) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 2 4 | ' PX=0,60(kN/m2) |
| 5 | Vx+ | (FE) uniform | 5 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 1 3 | ' PX=-1,10(kN/m2) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 2 4 | ' PX=-0,60(kN/m2) |
| 6 | Vx- | (FE) uniform | 5 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 2 4 | ' PY=1,10(kN/m2) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 1 3 | ' PY=0,60(kN/m2) |
| 7 | Vy+ | (FE) uniform | 5 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 2 4 | ' PY=-1,10(kN/m2) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 1 3 | ' PY=-0,60(kN/m2) |
| 8 | Vy- | (FE) uniform | 5 | ' PZ=0,60(kN/m2) |
| 9 | T | (FE) thermal load 3p | 1to7 | ' TX1=15,00(°C) N1X=0,0(m) N1Y=0,0(m) N1Z=0,0(m) |
| 15 | SLD X Equipment | nodal force | 23 | ' FX=4,60(kN) |
| 16 | SLV X Equipment | nodal force | 23 | ' FX=11,20(kN) |
| 17 | SLD Y Equipment | nodal force | 23 | ' FY=4,60(kN) |
| 18 | SLV Y Equipment | nodal force | 23 | ' FY=11,20(kN) |

e. Combinazioni di carico

| Comb. | Nome | Tipo comb. | Definizione |
|--------|-----------------------------------|------------|------------------------------------|
| 19 (C) | 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 |
| 20 (C) | 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 |
| 21 (C) | 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 |
| 22 (C) | 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 |
| 23 (C) | 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 |
| 24 (C) | 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 |
| 25 (C) | 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 |
| 26 (C) | 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 |
| 27 (C) | 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 |
| 28 (C) | 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 |
| 29 (C) | 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 |
| 30 (C) | 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 |
| 31 (C) | 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 |
| 32 (C) | 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 |
| 33 (C) | 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 |
| 34 (C) | 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 |
| 35 (C) | 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 |
| 36 (C) | 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 |
| 37 (C) | 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 |
| 38 (C) | 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 |
| 39 (C) | 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 |
| 40 (C) | 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 |
| 41 (C) | 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 |
| 42 (C) | 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 |
| 43 (C) | G1+G2 | SLU | (1+2)*1.00 |
| 44 (C) | G1+G2+Q+Vx+0.5N+0.6T | SLU | (1+2+3+5)*1.00+4*0.50+9*0.60 |
| 45 (C) | G1+G2+Q+Vx+0.5N-0.6T | SLU | (1+2+3+5)*1.00+4*0.50+9*-0.60 |
| 46 (C) | G1+G2+Q-Vx+0.5N+0.6T | SLU | (1+2+3+6)*1.00+4*0.50+9*0.60 |
| 47 (C) | G1+G2+Q-Vx+0.5N-0.6T | SLU | (1+2+3+6)*1.00+4*0.50+9*-0.60 |
| 48 (C) | G1+G2+Q+Vy+0.5N+0.6T | SLU | (1+2+3+7)*1.00+4*0.50+9*0.60 |
| 49 (C) | G1+G2+Q+Vy+0.5N-0.6T | SLU | (1+2+3+7)*1.00+4*0.50+9*-0.60 |
| 50 (C) | G1+G2+Q-Vy+0.5N+0.6T | SLU | (1+2+3+8)*1.00+4*0.50+9*0.60 |
| 51 (C) | G1+G2+Q-Vy+0.5N-0.6T | SLU | (1+2+3+8)*1.00+4*0.50+9*-0.60 |
| 52 (C) | G1+G2+Q+0.6Vx+N+0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+(5+9)*0.60 |
| 53 (C) | G1+G2+Q+0.6Vx+N-0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+5*0.60+9*-0.60 |
| 54 (C) | G1+G2+Q-0.6Vx+N+0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+(6+9)*0.60 |
| 55 (C) | G1+G2+Q-0.6Vx+N-0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+6*0.60+9*-0.60 |
| 56 (C) | G1+G2+Q+0.6Vy+N+0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+(7+9)*0.60 |
| 57 (C) | G1+G2+Q+0.6Vy+N-0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+7*0.60+9*-0.60 |
| 58 (C) | G1+G2+Q-0.6Vy+N+0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+(8+9)*0.60 |
| 59 (C) | G1+G2+Q-0.6Vy+N-0.6T | SLU | (1+2+3+4)*1.00+8*0.60+9*-0.60 |
| 60 (C) | G1+G2+Q+0.6Vx+0.5N+T | SLU | (1+2+3+9)*1.00+5*0.60+4*0.50 |
| 61 (C) | G1+G2+Q+0.6Vx+0.5N-T | SLU | (1+2+3)*1.00+5*0.60+4*0.50+9*-1.00 |
| 62 (C) | G1+G2+Q-0.6Vx+0.5N+T | SLU | (1+2+3+9)*1.00+6*0.60+4*0.50 |
| 63 (C) | G1+G2+Q-0.6Vx+0.5N-T | SLU | (1+2+3)*1.00+6*0.60+4*0.50+9*-1.00 |
| 64 (C) | G1+G2+Q+0.6Vy+0.5N+T | SLU | (1+2+3+9)*1.00+7*0.60+4*0.50 |
| 65 (C) | G1+G2+Q+0.6Vy+0.5N-T | SLU | (1+2+3)*1.00+7*0.60+4*0.50+9*-1.00 |
| 66 (C) | G1+G2+Q-0.6Vy+0.5N+T | SLU | (1+2+3+9)*1.00+8*0.60+4*0.50 |
| 67 (C) | G1+G2+Q-0.6Vy+0.5N-T | SLU | (1+2+3)*1.00+8*0.60+4*0.50+9*-1.00 |
| 68 (C) | G1+G2+0.9Q | SLU | (1+2)*1.00+3*0.90 |

| | | | |
|---------------|-----------------------------|-----|---|
| 69 (C) | G1+G2+0.8Q+0.2Vx | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+5*0.20 |
| 70 (C) | G1+G2+0.8Q-0.2Vx | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+6*0.20 |
| 71 (C) | G1+G2+0.8Q+0.2Vy | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+7*0.20 |
| 72 (C) | G1+G2+0.8Q-0.2Vy | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+8*0.20 |
| 73 (C) | G1+G2+0.8Q+0.2N | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+4*0.20 |
| 74 (C) | G1+G2+0.8Q+0.5T | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+9*0.50 |
| 75 (C) | G1+G2+0.8Q-0.5T | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+9*-0.50 |
| 76 (C) | G1+G2+0.8Q | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80 |
| 77 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vx+0.9T | SLU | (1+9)*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50 |
| 78 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vx-0.9T | SLU | 1*0.90+2*0.80+(3+5)*1.50+9*-0.90 |
| 79 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vx+0.9T | SLU | (1+9)*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50 |
| 80 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vx-0.9T | SLU | 1*0.90+2*0.80+(3+6)*1.50+9*-0.90 |
| 81 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vy+0.9T | SLU | (1+9)*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50 |
| 82 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+1.5Vy-0.9T | SLU | 1*0.90+2*0.80+(3+7)*1.50+9*-0.90 |
| 83 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vy+0.9T | SLU | (1+9)*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50 |
| 84 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-1.5Vy-0.9T | SLU | 1*0.90+2*0.80+(3+8)*1.50+9*-0.90 |
| 85 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vx+1.5T | SLU | (1+5)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50 |
| 86 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vx-1.5T | SLU | (1+5)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50 |
| 87 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vx+1.5T | SLU | (1+6)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50 |
| 88 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vx-1.5T | SLU | (1+6)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50 |
| 89 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vy+1.5T | SLU | (1+7)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50 |
| 90 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q+0.9Vy-1.5T | SLU | (1+7)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50 |
| 91 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vy+1.5T | SLU | (1+8)*0.90+2*0.80+(3+9)*1.50 |
| 92 (C) | 0.9G1+0.8G2+1.5Q-0.9Vy-1.5T | SLU | (1+8)*0.90+2*0.80+3*1.50+9*-1.50 |
| 93 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV) | SLU | (1+2+11+15)*1.00+3*0.80+(13+17)*0.30 |
| 94 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV) | SLU | (1+2+11+15)*1.00+3*0.80+(13+17)*-0.30 |
| 95 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(11+15)*-1.00+(13+17)*0.30 |
| 96 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(11+15)*-1.00+(13+17)*-0.30 |
| 97 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV) | SLU | (1+2+13+17)*1.00+3*0.80+(11+15)*0.30 |
| 98 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV) | SLU | (1+2+13+17)*1.00+3*0.80+(11+15)*-0.30 |
| 99 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(11+15)*0.30+(13+17)*-1.00 |
| 100 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(11+15)*-0.30+(13+17)*-1.00 |
| 101 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLD) | SLU | (1+2+12+16)*1.00+3*0.80+(14+18)*0.30 |
| 102 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLD) | SLU | (1+2+12+16)*1.00+3*0.80+(14+18)*-0.30 |
| 103 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLD) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(12+16)*-1.00+(14+18)*0.30 |
| 104 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLD) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(12+16)*-1.00+(14+18)*-0.30 |
| 105 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLD) | SLU | (1+2+14+18)*1.00+3*0.80+(12+16)*0.30 |
| 106 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLD) | SLU | (1+2+14+18)*1.00+3*0.80+(12+16)*-0.30 |
| 107 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLD) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(12+16)*0.30+(14+18)*-1.00 |
| 108 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLD) | SLU | (1+2)*1.00+3*0.80+(12+16)*-0.30+(14+18)*-1.00 |

2.12 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

a. Fondazione d'interfaccia
- Inviluppo delle sollecitazioni flessionali

Nel seguito si riportano le mappe degli inviluppi 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.

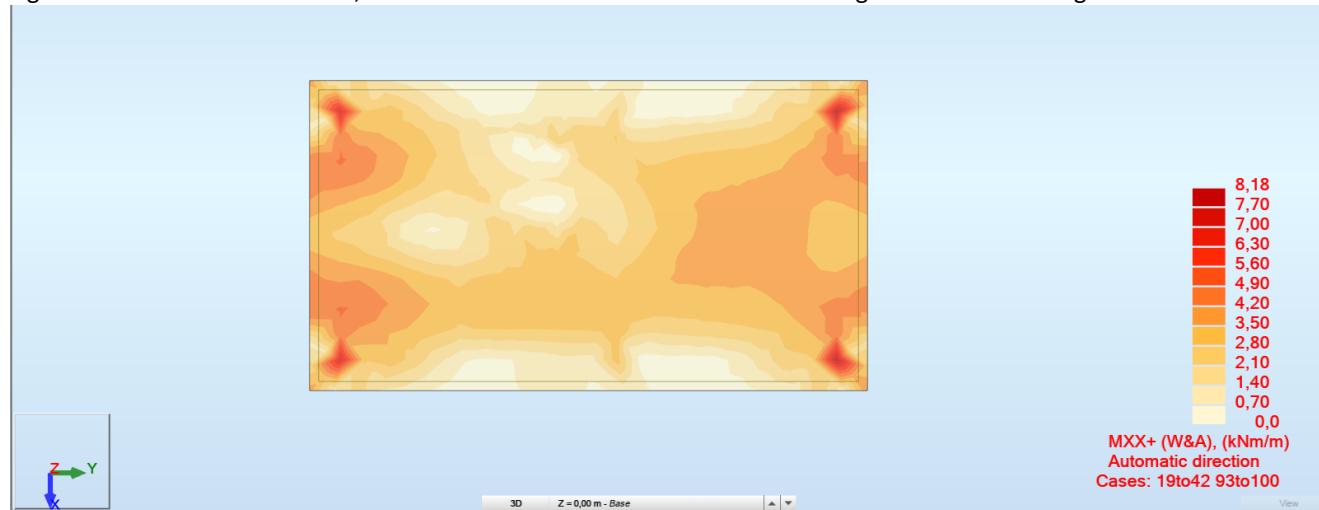


FIG. 24 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

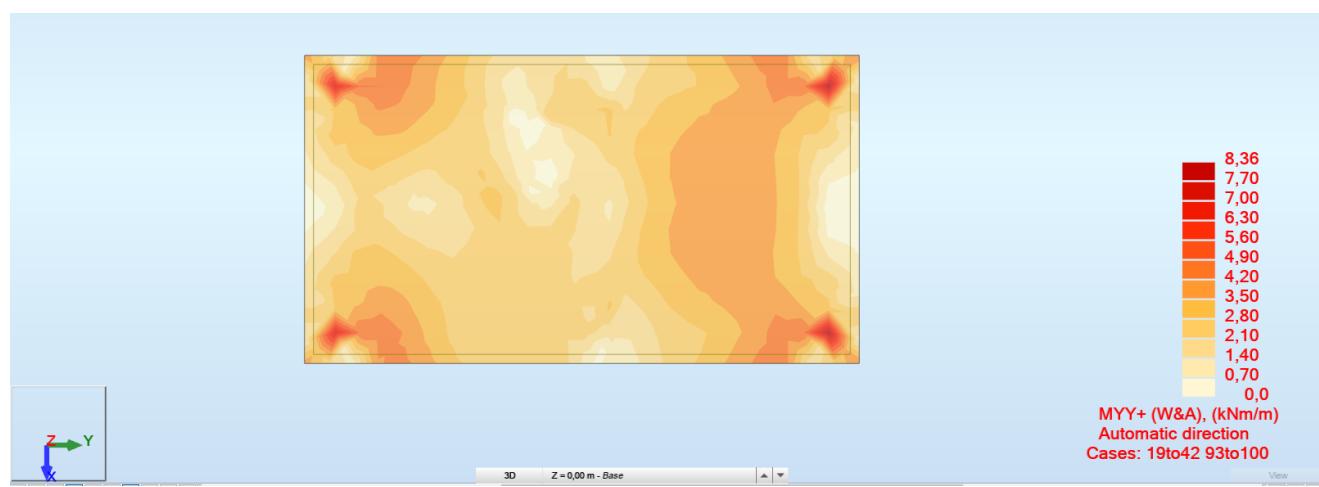


FIG. 25 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

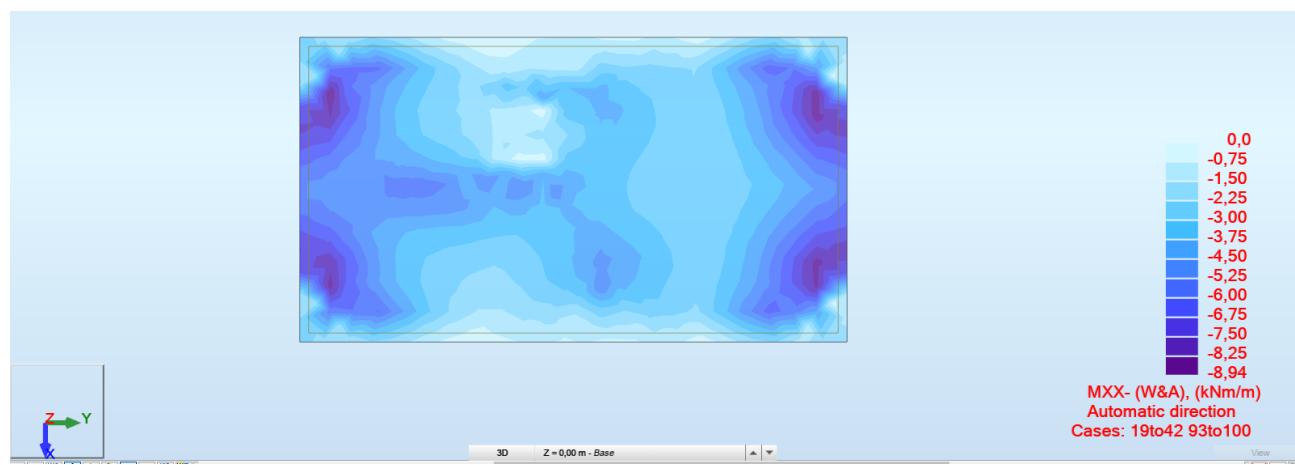


FIG. 26 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

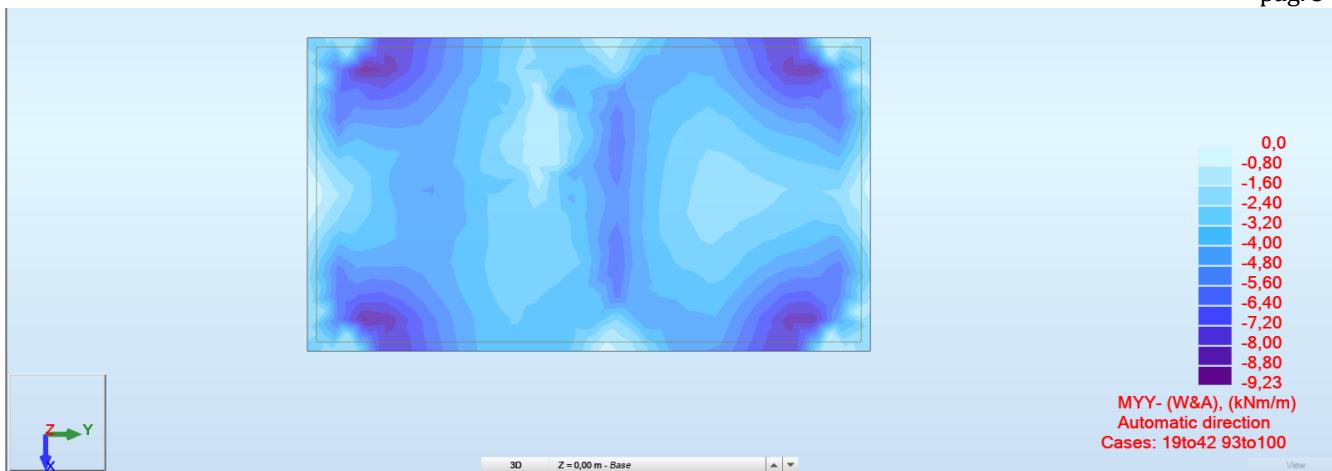


FIG. 27—INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura Ø12/200 in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

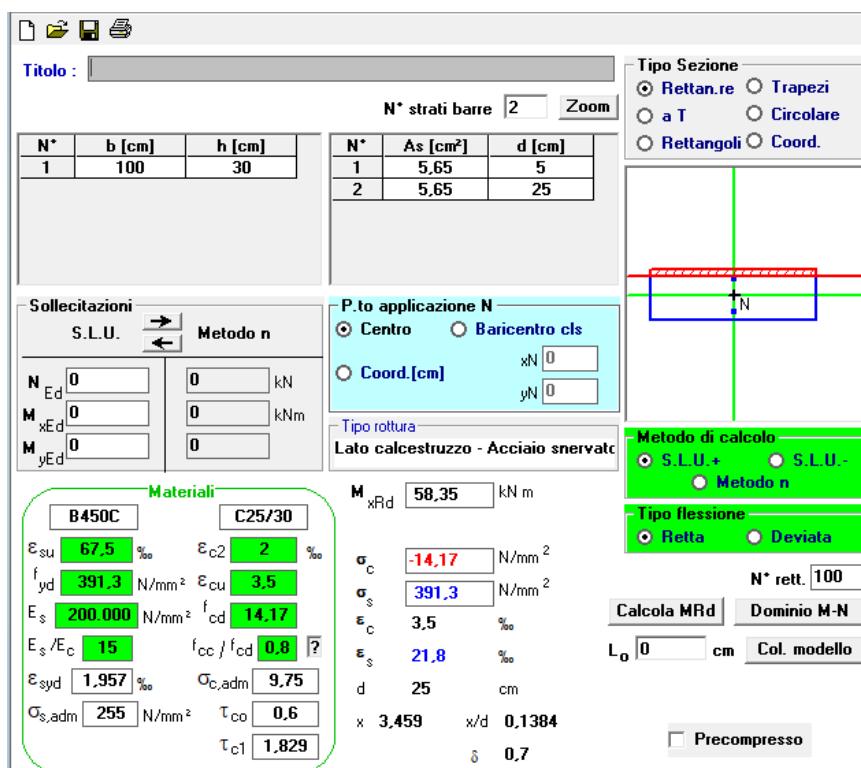


FIG. 28—MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA Ø12/200MM

$$MRd = 58.35 \text{ kNm} > M_{sd,max} = 9.23 \text{ kNm}$$

- Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.35/9.23 = 6.32177 > 1$$

MRd: 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 MRd 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.

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

$$A_{s,tesa \ Ø12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 5.65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > 3.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Inviluppo delle sollecitazioni di taglio



Fig. 29 – **Mappa Qxx+** - Mappa del Taglio sollecitante

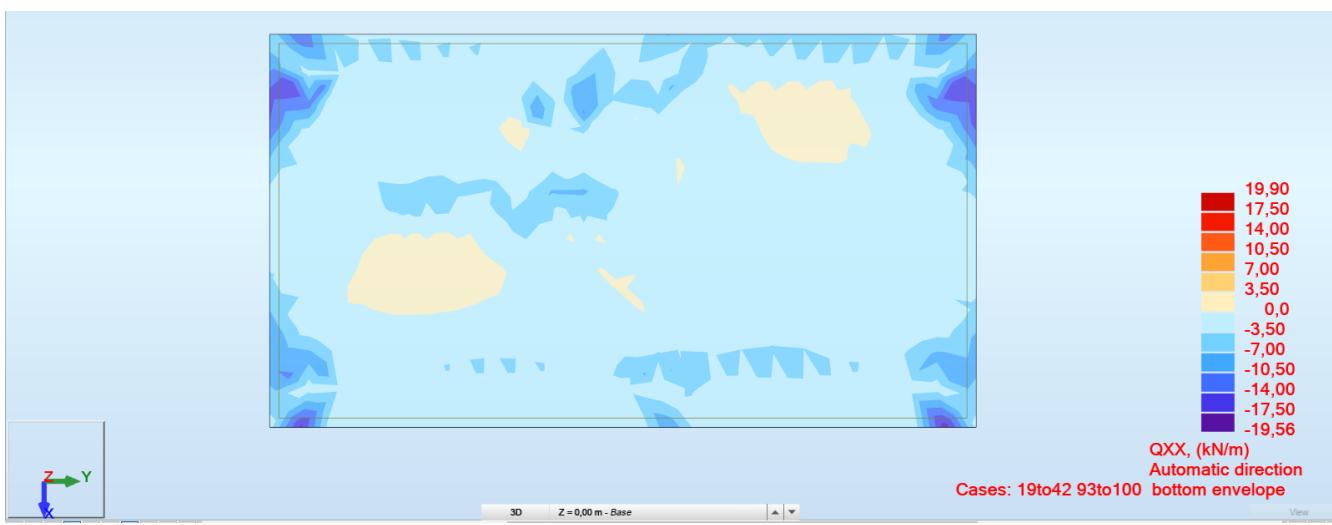


Fig. 30 – **Mappa Qxx-** - Mappa del Taglio sollecitante

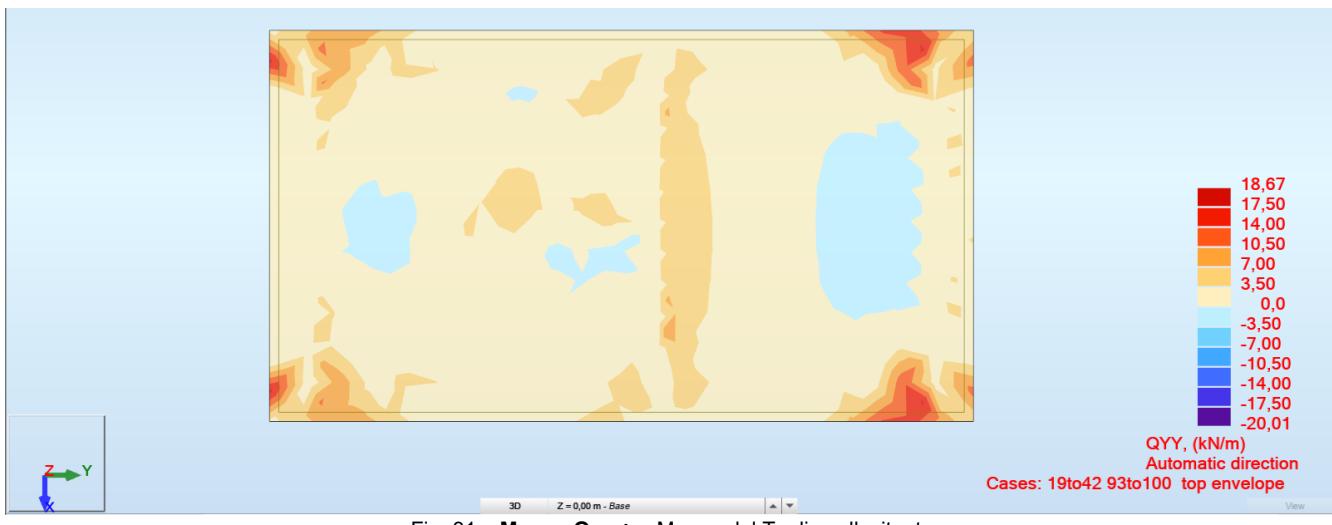


Fig. 31 – **Mappa Qyy +** - Mappa del Taglio sollecitante

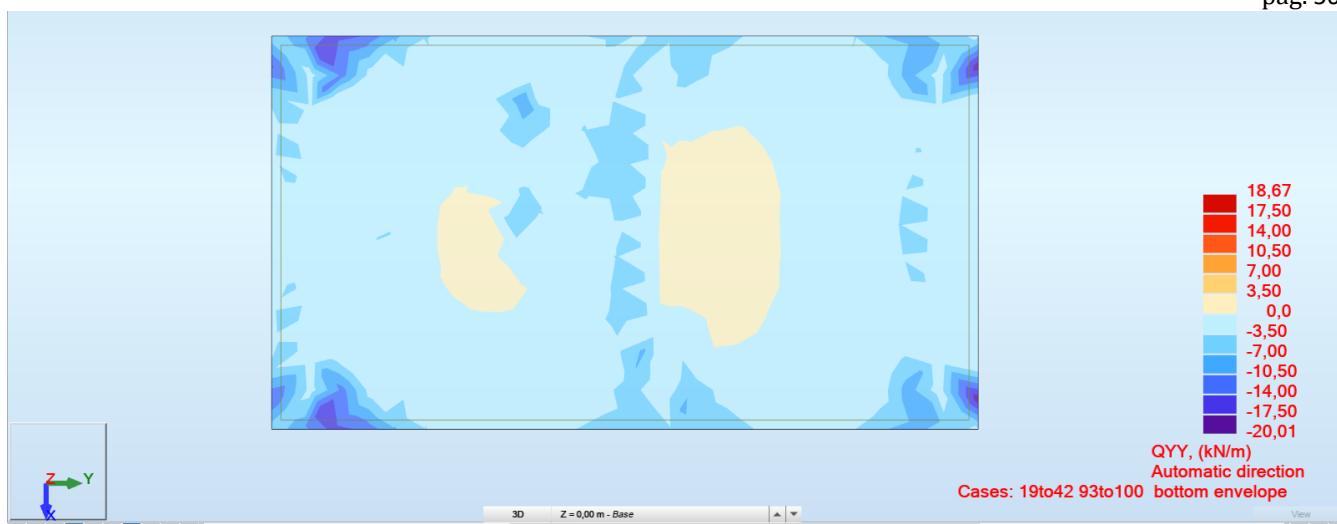


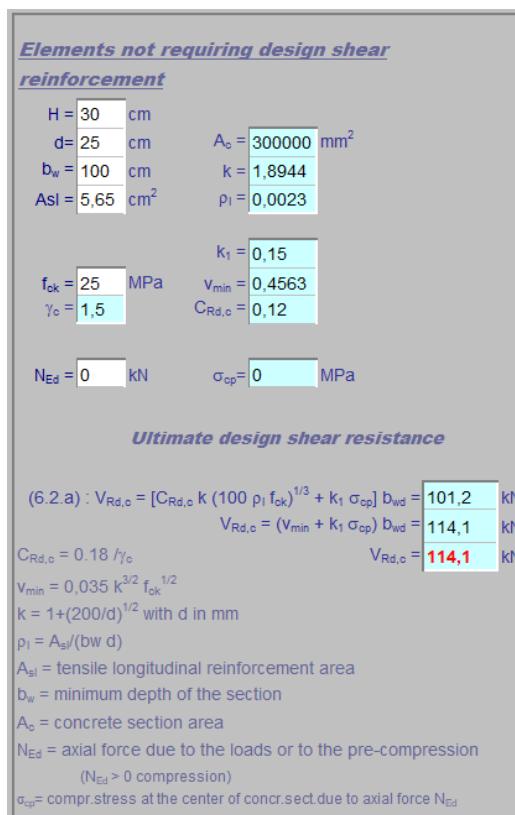
Fig. 32 – Mappa Qyy - - Mappa del Taglio sollecitante

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

- **Resistenza a taglio senza armatura**

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

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.



VRd,c 300mm = 114.1kN > VSd,max = 20.01 kN **Taglio massimo riportato nelle mappe**

b. Cabina di Trasformazione
- Inviluppo delle sollecitazioni flessionali

Nel seguito si riportano le mappe degli inviluppi 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.

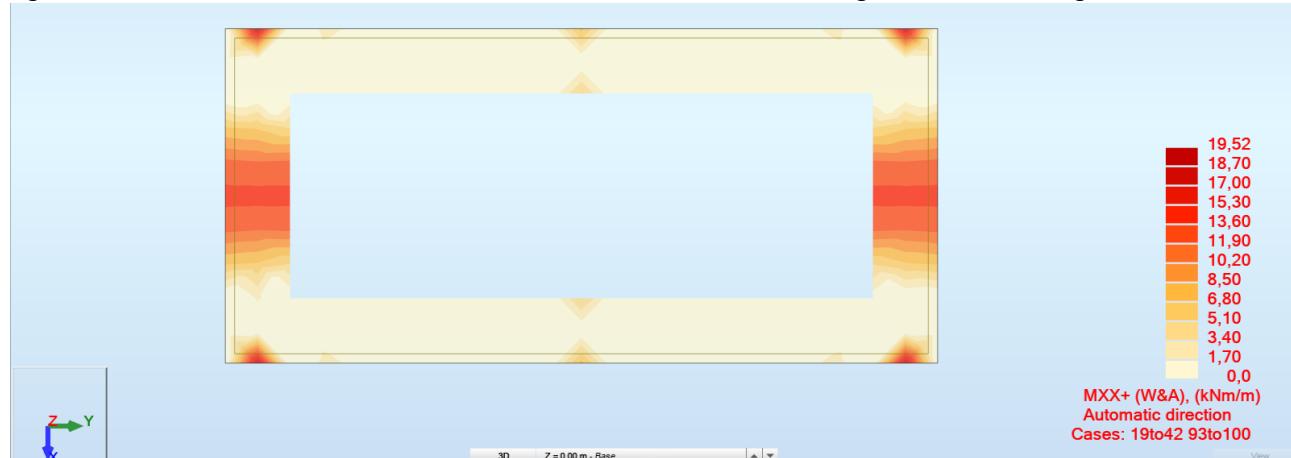


FIG. 33 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

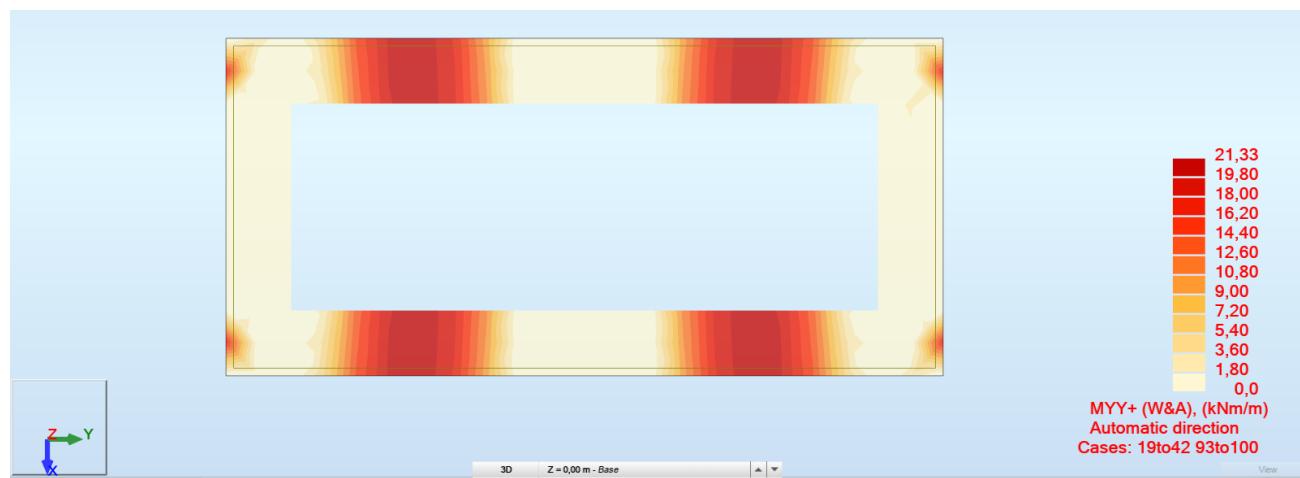


FIG. 34 – INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

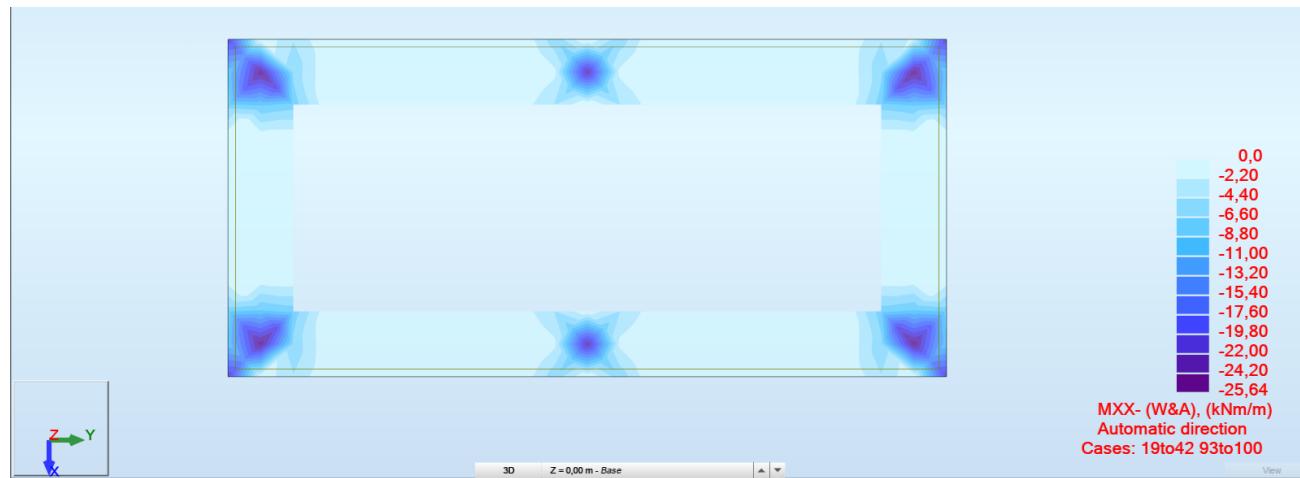
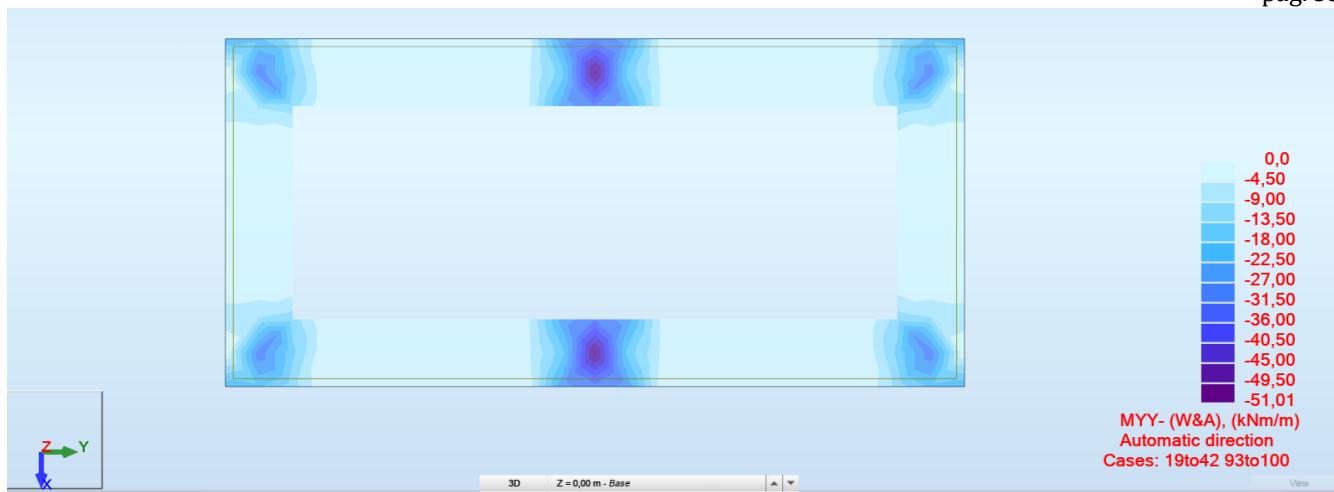


FIG. 35 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X



Per il basamento viene predisposta una armatura $3\varnothing 12$ in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

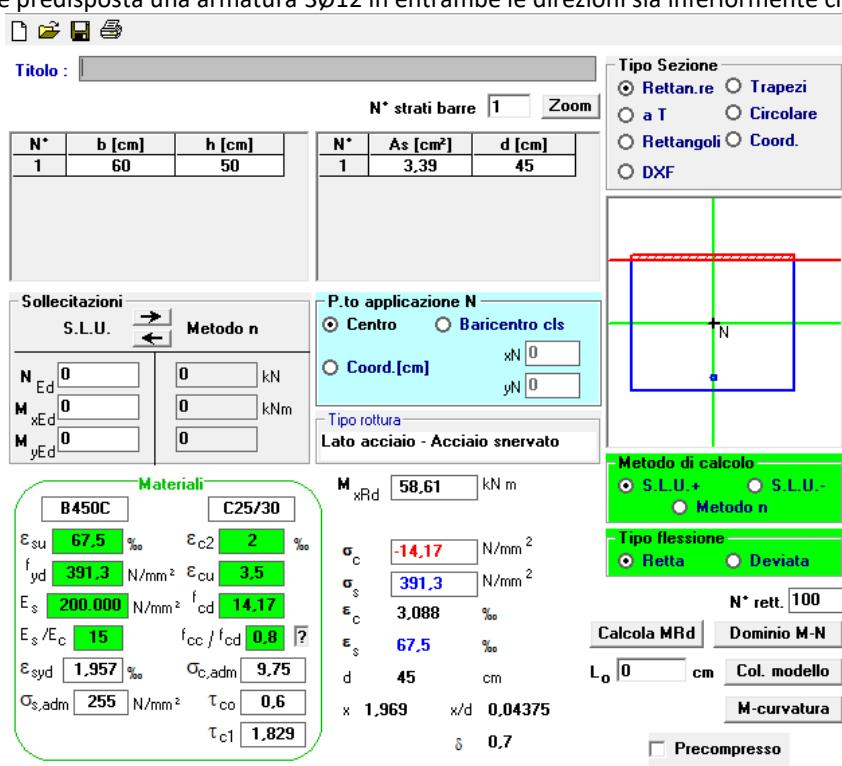


FIG. 37 – MRD PER LA SEZIONE CON $H=50\text{cm}$ E ARMATURA $3\varnothing 12$ /

$$MRd = 58.61 \text{ kNm} > Msd,\text{max} = 51.01 \text{ kNm}$$

- Verifica soddisfatta

$$\text{Fattore di Sicurezza} = 58.61/51.01 = 1.1489 > 1$$

MRd: 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 MRd 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 $3\varnothing 12$.

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

$$A_{s,tesa 3\varnothing 12} = 3 * (6 * 6 * \pi) = 339 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 3.39 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > 3.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Inviluppo delle sollecitazioni di taglio

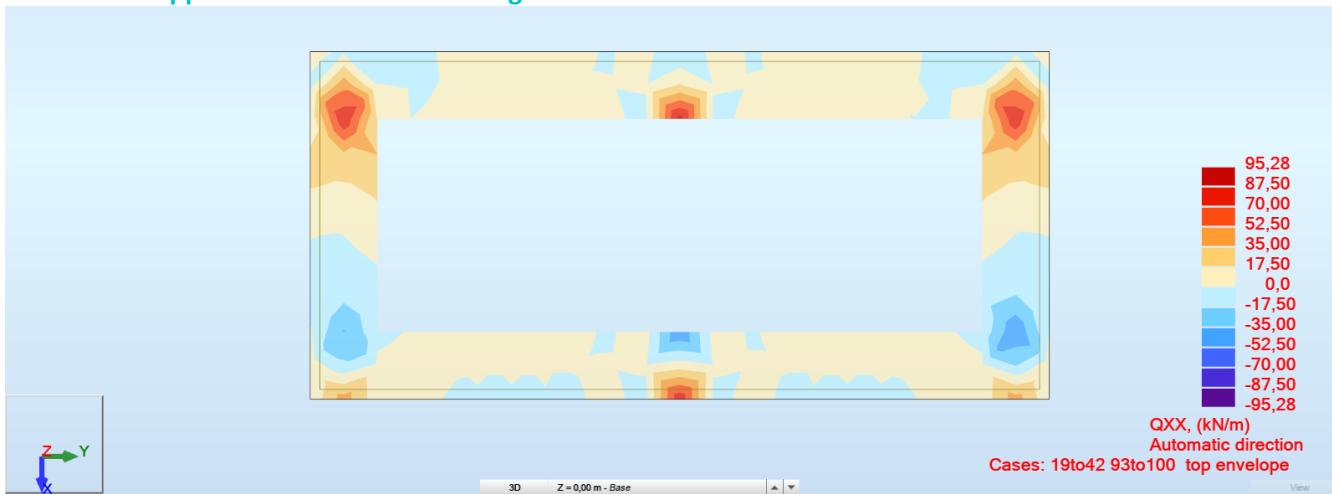


Fig. 38 – Mappa Qxx+ - Mappa del Taglio sollecitante

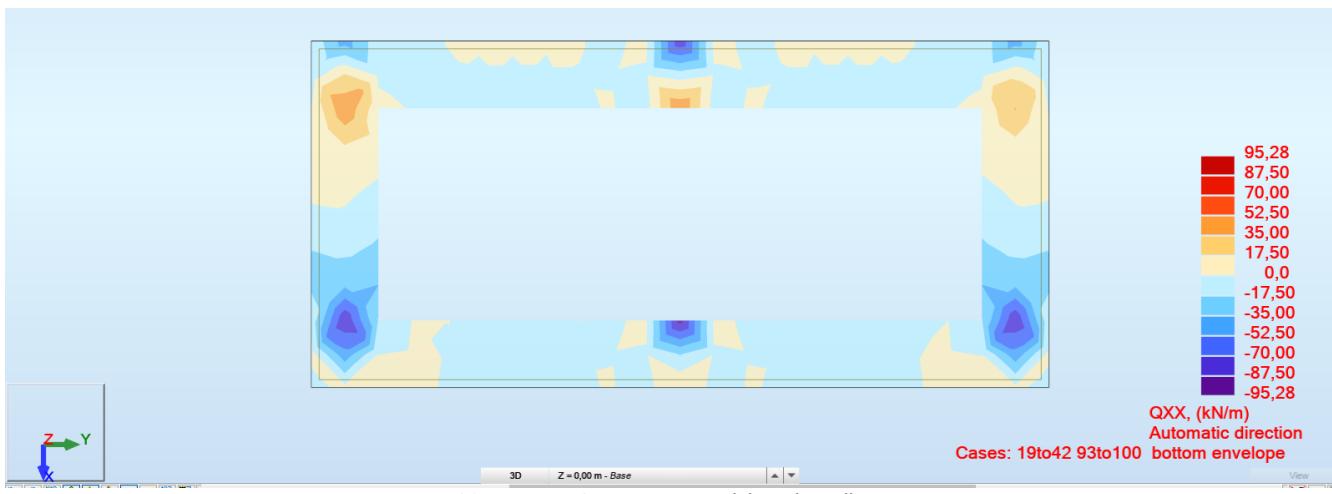


Fig. 39 – Mappa Qxx- - Mappa del Taglio sollecitante



Fig. 40 – Mappa Qyy+ - Mappa del Taglio sollecitante

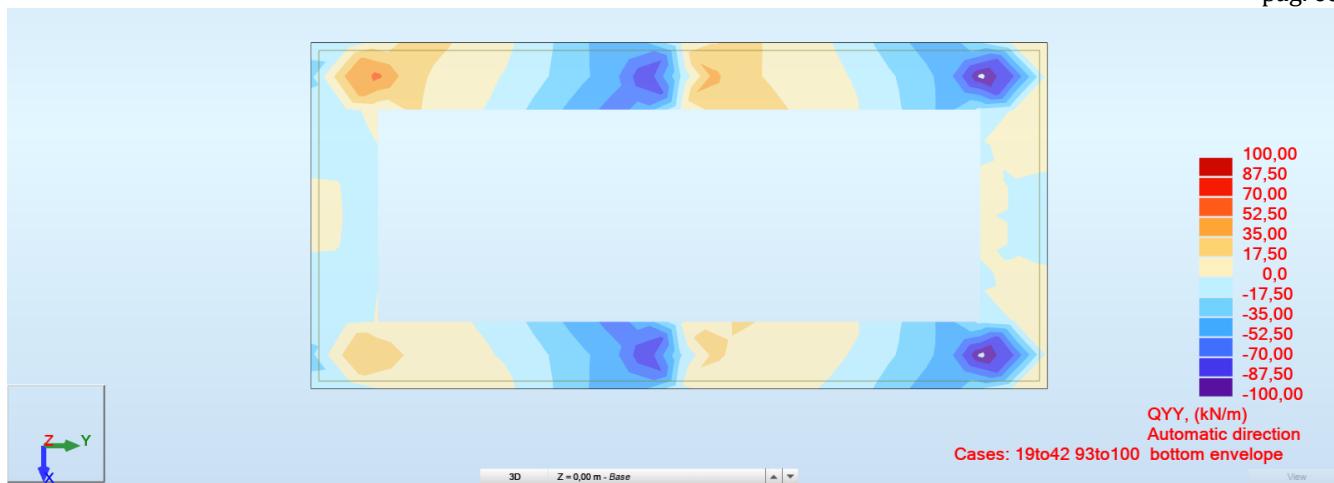


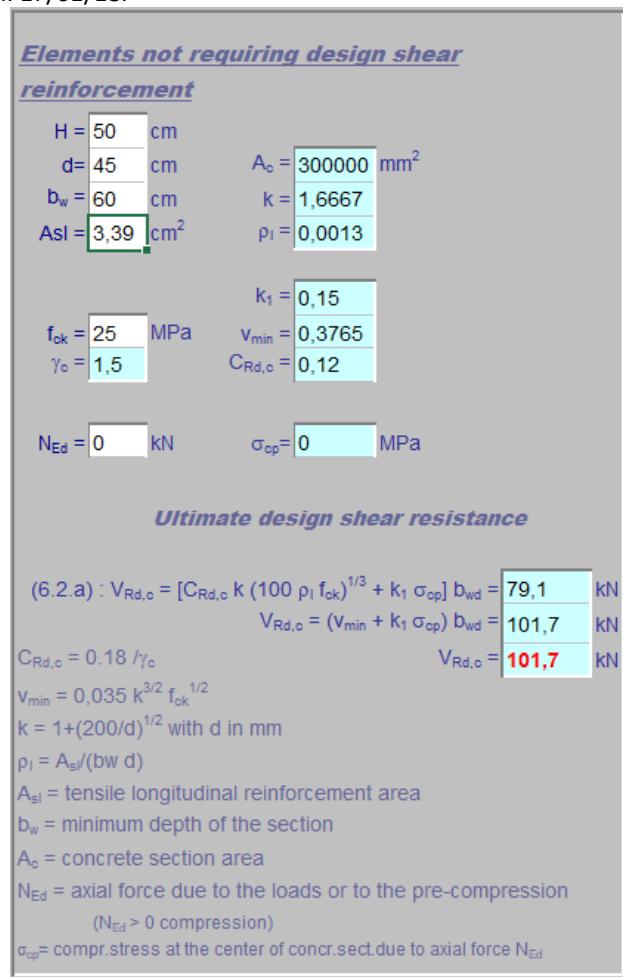
Fig. 41 – Mappa Qyy - - Mappa del Taglio sollecitante

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

- Resistenza a taglio senza armatura

Di seguito si riporta la resistenza a taglio della soletta di spessore 50cm non armata a taglio

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



$VRd,c 300mm = 101.7kN > VSd,max = 100 kN$

Taglio massimo riportato nelle mappe

c. Cabina di Consegna
- Inviluppo delle sollecitazioni flessionali

Nel seguito si riportano le mappe degli inviluppi 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.

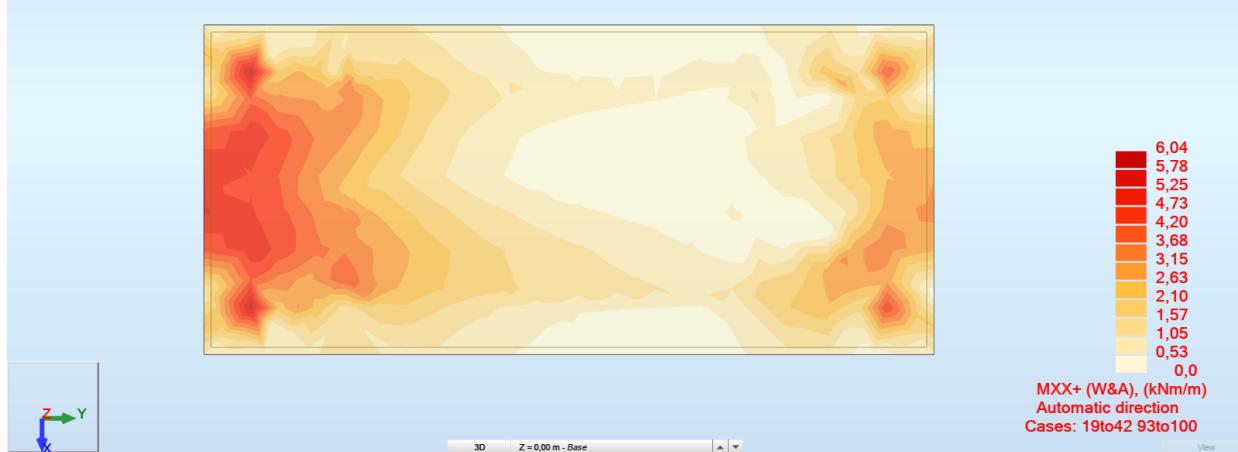


FIG. 42—INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

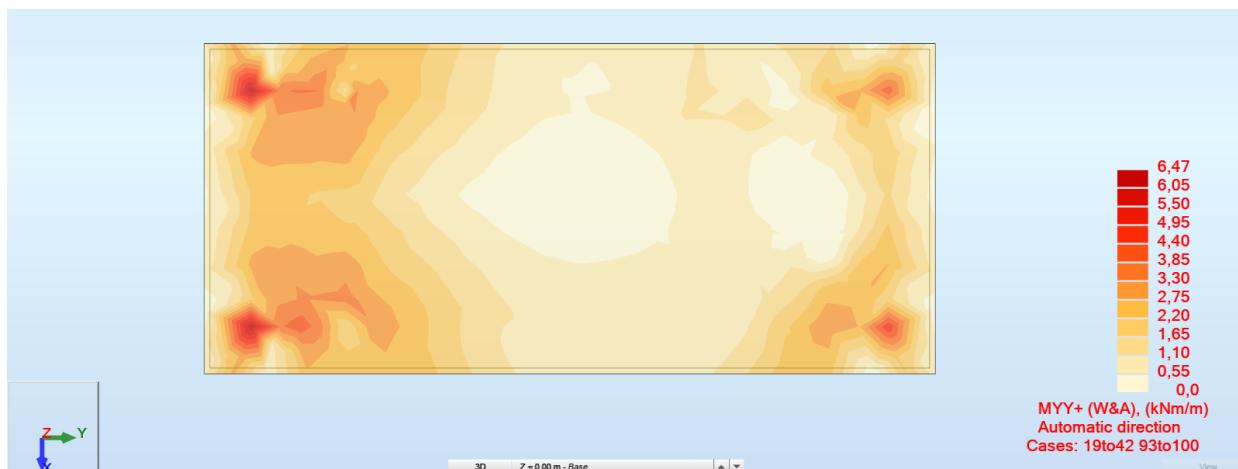


FIG. 43—INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

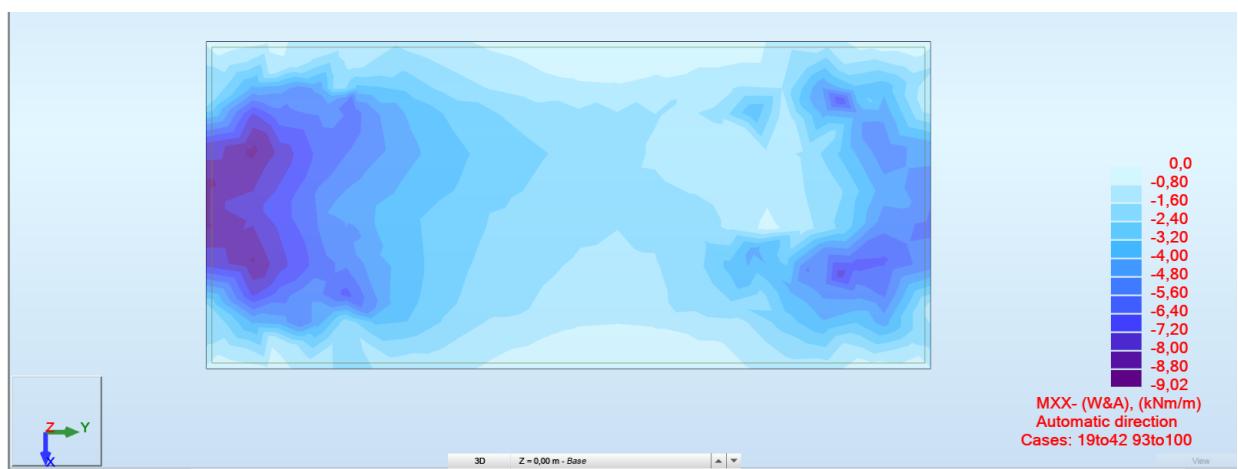


FIG. 44—INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X

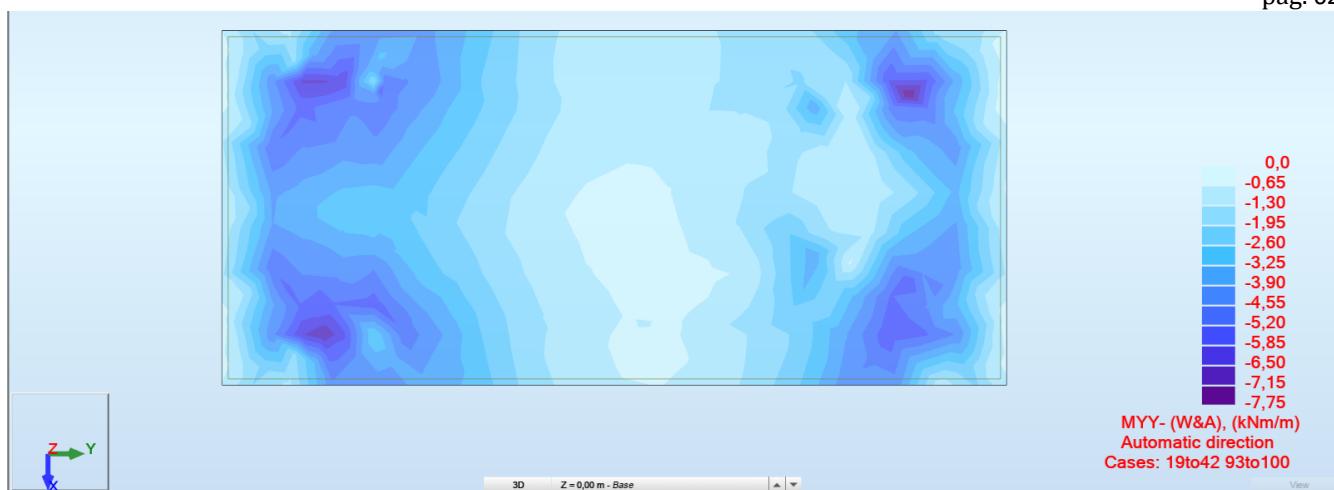


FIG. 45—INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y

Per il basamento viene predisposta una armatura Ø12/200 in entrambe le direzioni sia inferiormente che superiormente.

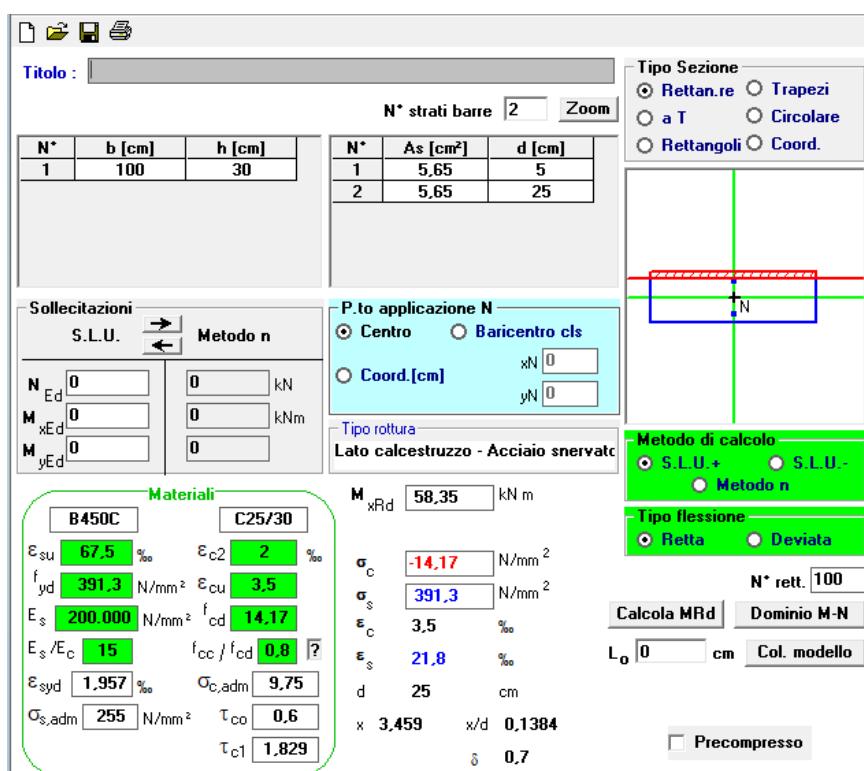


FIG. 46—MRD PER LA SEZIONE CON H=30CM E ARMATURA Ø12/200MM

$$MRd = 58.35 \text{ kNm} > Msd,max = 9.02 \text{ kNm}$$

- **Verifica soddisfatta**

Fattore di Sicurezza = 58.35/9.02 = 6.4689 > 1

MRd: 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 MRd 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.

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

$$A_{s,tesa \ Ø12/200mm} = 5 * (6 * 6 * \pi) = 565 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 5.65 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > 3.00 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Inviluppo delle sollecitazioni di taglio

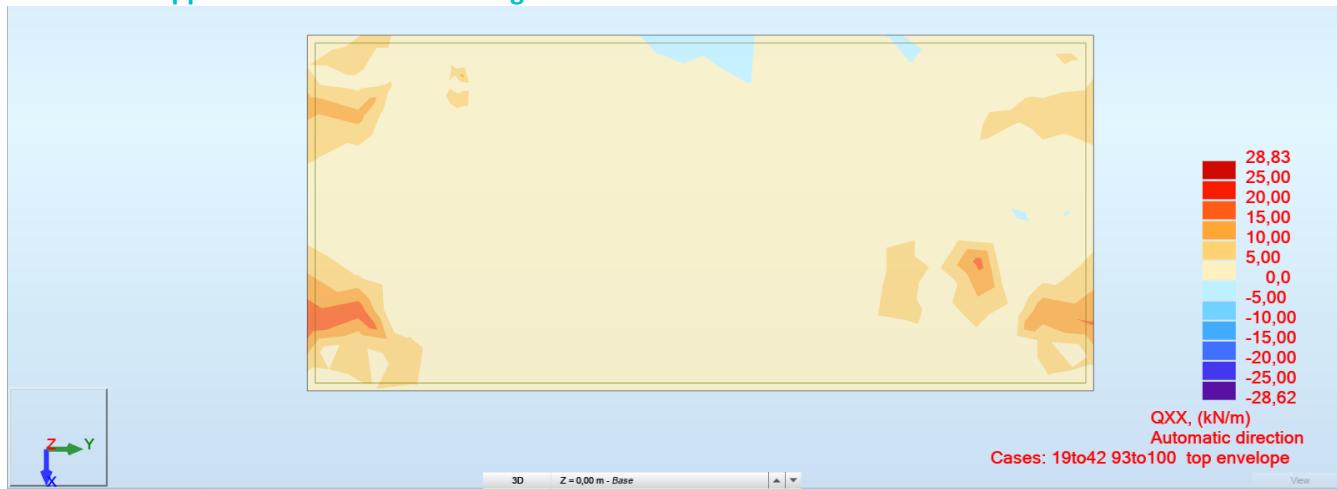


Fig. 47 – **Mappa Qxx+** - Mappa del Taglio sollecitante



Fig. 48 – **Mappa Qxx-** - Mappa del Taglio sollecitante

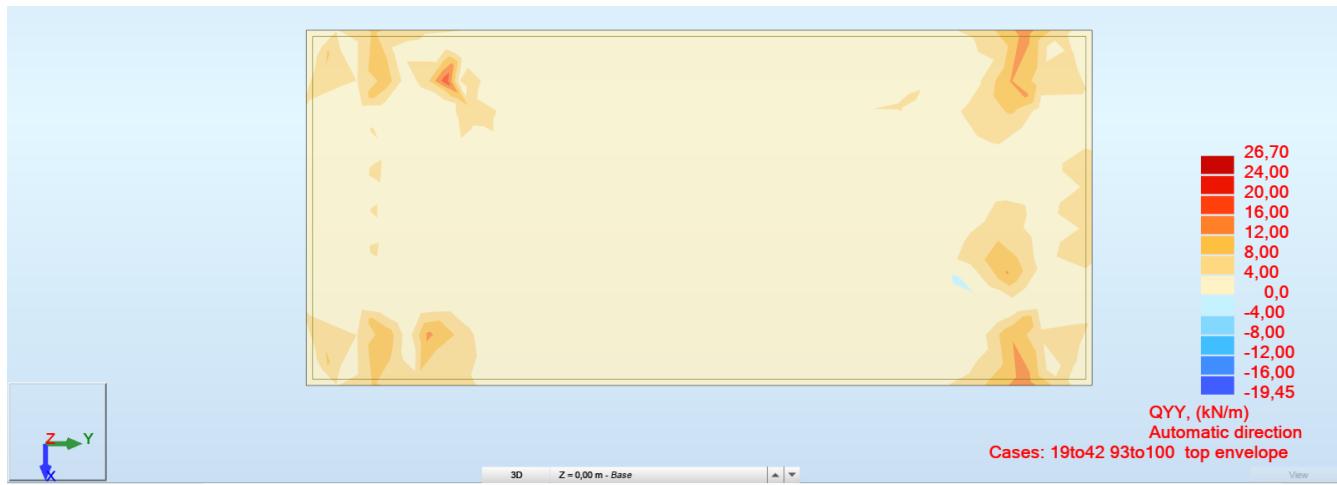


Fig. 49 – **Mappa Qyy +** - Mappa del Taglio sollecitante

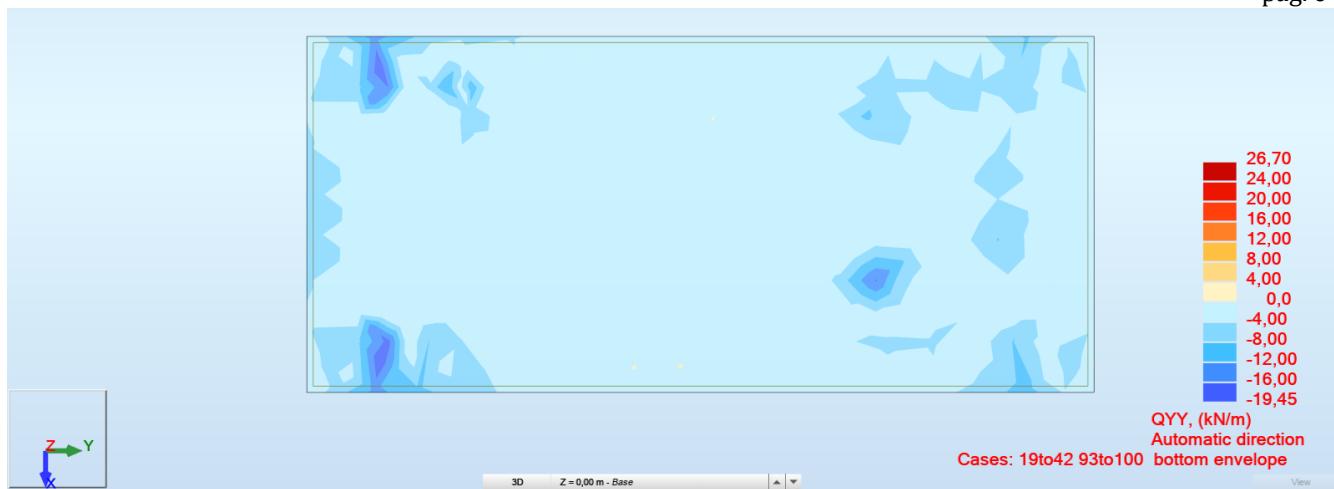


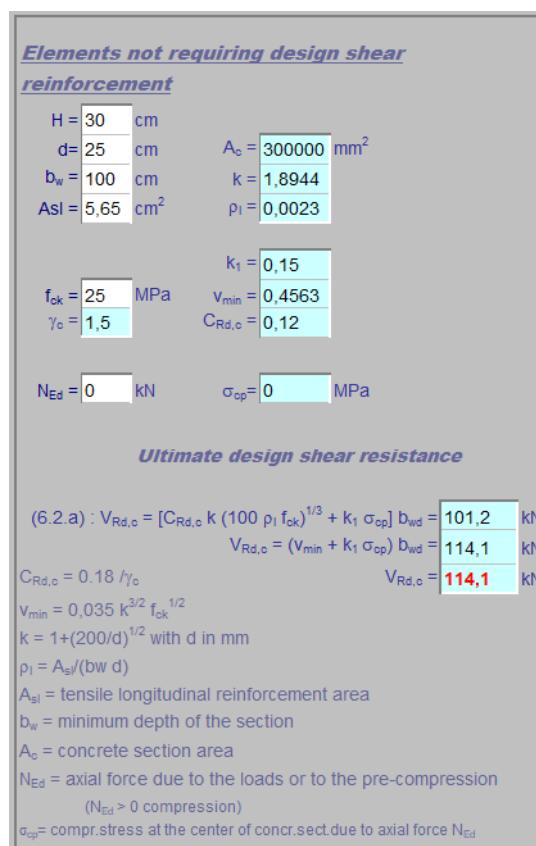
Fig. 50 – **Mappa Qyy** - - Mappa del Taglio sollecitante

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

- **Resistenza a taglio senza armatura**

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

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.



VRd,c 300mm = 114.1kN > VSd,max = 28.83 kN **Taglio massimo riportato nelle mappe**

d. Verifica a scorrimento

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

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

Dove N_{tot} è l'azione verticale (FZ) mentre V_{tot} è la composizione dell'azione orizzontale nelle due direzioni, ottenuta come $V_{ed} = (F_{X2} + F_{Y2})/2$ e γ_{Rd} posto pari a 1,1.

| Fondazione – Cabina d'interfaccia | Combinazione | FX [kN] | FY [kN] | FZ [kN] | Tg sismico | Ved [kN] | VRd | F.S. |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|------------|----------|-------|------|
| 16/ 19 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T | -104,05 | -1,78 | 679,25 | | 104,1 | 274,9 | 2,64 |
| 16/ 20 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T | -101,71 | 0,63 | 663,52 | | 101,7 | 268,6 | 2,64 |
| 16/ 21 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T | 101,85 | -0,51 | 659,72 | | 101,9 | 267,0 | 2,62 |
| 16/ 22 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T | 104,19 | 1,91 | 643,99 | | 104,2 | 260,7 | 2,50 |
| 16/ 23 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T | -1,62 | -85,76 | 673,61 | | 85,8 | 272,6 | 3,18 |
| 16/ 24 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T | 0,72 | -83,35 | 657,88 | | 83,4 | 266,3 | 3,19 |
| 16/ 25 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T | -0,58 | 83,47 | 665,36 | | 83,5 | 269,3 | 3,23 |
| 16/ 26 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T | 1,76 | 85,89 | 649,63 | | 85,9 | 262,9 | 3,06 |
| 16/ 27 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T | -62,87 | -1,52 | 711,55 | | 62,9 | 288,0 | 4,58 |
| 16/ 28 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T | -60,53 | 0,89 | 695,81 | | 60,5 | 281,6 | 4,65 |
| 16/ 29 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T | 60,67 | -0,76 | 699,83 | | 60,7 | 283,3 | 4,67 |
| 16/ 30 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T | 63,01 | 1,65 | 684,1 | | 63,0 | 276,9 | 4,39 |
| 16/ 31 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T | -1,41 | -51,91 | 708,16 | | 51,9 | 286,6 | 5,52 |
| 16/ 32 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T | 0,93 | -49,5 | 692,43 | | 49,5 | 280,3 | 5,66 |
| 16/ 33 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T | -0,78 | 49,63 | 703,21 | | 49,6 | 284,6 | 5,73 |
| 16/ 34 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T | 1,56 | 52,04 | 687,48 | | 52,1 | 278,3 | 5,34 |
| 16/ 35 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T | -63,65 | -2,33 | 690,93 | | 63,7 | 279,7 | 4,39 |
| 16/ 36 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T | -63,65 | -2,33 | 690,93 | | 63,7 | 279,7 | 4,39 |
| 16/ 37 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T | 59,89 | -1,57 | 679,22 | | 59,9 | 274,9 | 4,59 |
| 16/ 38 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T | 59,89 | -1,57 | 679,22 | | 59,9 | 274,9 | 4,59 |
| 16/ 39 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T | -2,19 | -52,72 | 687,55 | | 52,8 | 278,3 | 5,27 |



| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------------|--------------|--------------|-------------|
| 16/ 40 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T | -2,19 | -52,72 | 687,55 | | 52,8 | 278,3 | 5,27 |
| 16/ 41 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T | -1,57 | 48,82 | 682,6 | | 48,8 | 276,3 | 5,66 |
| 16/ 42 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T | -1,57 | 48,82 | 682,6 | | 48,8 | 276,3 | 5,66 |
| 16/ 93 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV) | 40,22 | 16,01 | 471,25 | 117,17 | 118,3 | 190,7 | 1,61 |
| 16/ 94 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV) | 37,92 | -8,29 | 470,68 | 114,87 | 115,2 | 190,5 | 1,65 |
| 16/ 95 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV) | -37,82 | 8,38 | 467,54 | 114,77 | 115,1 | 189,2 | 1,64 |
| 16/ 96 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV) | -40,12 | -15,93 | 466,98 | 117,07 | 118,1 | 189,0 | 1,60 |
| 16/ 97 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV) | 15,59 | 41,7 | 470,6 | 92,54 | 101,5 | 190,5 | 1,88 |
| 16/ 98 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV) | -7,82 | 39,41 | 469,49 | 84,77 | 93,5 | 190,0 | 2,03 |
| 16/ 99 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV) | 7,92 | -39,32 | 468,73 | 84,87 | 93,5 | 189,7 | 2,03 |
| 16/ 100 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV) | -15,49 | -41,61 | 467,62 | 92,44 | 101,4 | 189,3 | 1,87 |

| Fondazione – Cabina di Trasformazione | Combinazione | FX [kN] | FY [kN] | FZ [kN] | Tg sismico | Ved [kN] | VRd | F.S. |
|--|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------|-------------|
| 182/ 19 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T | -70,47 | 0 | 637,95 | | 70,5 | 258,2 | 3,66 |
| 182/ 20 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T | -70,47 | 0 | 637,95 | | 70,5 | 258,2 | 3,66 |
| 182/ 21 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T | 70,47 | 0 | 637,95 | | 70,5 | 258,2 | 3,66 |
| 182/ 22 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T | 70,47 | 0 | 637,95 | | 70,5 | 258,2 | 3,66 |
| 182/ 23 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T | 0 | -55,24 | 637,95 | | 55,2 | 258,2 | 4,67 |
| 182/ 24 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T | 0 | -55,24 | 637,95 | | 55,2 | 258,2 | 4,67 |
| 182/ 25 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T | 0 | 55,24 | 637,95 | | 55,2 | 258,2 | 4,67 |
| 182/ 26 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T | 0 | 55,24 | 637,95 | | 55,2 | 258,2 | 4,67 |
| 182/ 27 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T | -42,28 | 0 | 656,84 | | 42,3 | 265,9 | 6,29 |
| 182/ 28 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T | -42,28 | 0 | 656,84 | | 42,3 | 265,9 | 6,29 |
| 182/ 29 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T | 42,28 | 0 | 656,84 | | 42,3 | 265,9 | 6,29 |
| 182/ 30 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T | 42,28 | 0 | 656,84 | | 42,3 | 265,9 | 6,29 |
| 182/ 31 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T | 0 | -33,14 | 656,84 | | 33,1 | 265,9 | 8,02 |



| | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|----------------|--------------|--------------|-------------|
| 182/ 32 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T | 0 | -33,14 | 656,84 | | 33,1 | 265,9 | 8,02 |
| 182/ 33 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T | 0 | 33,14 | 656,84 | | 33,1 | 265,9 | 8,02 |
| 182/ 34 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T | 0 | 33,14 | 656,84 | | 33,1 | 265,9 | 8,02 |
| 182/ 35 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T | -42,28 | 0 | 643,34 | | 42,3 | 260,4 | 6,16 |
| 182/ 36 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T | -42,28 | 0 | 643,34 | | 42,3 | 260,4 | 6,16 |
| 182/ 37 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T | 42,28 | 0 | 643,34 | | 42,3 | 260,4 | 6,16 |
| 182/ 38 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T | 42,28 | 0 | 643,34 | | 42,3 | 260,4 | 6,16 |
| 182/ 39 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T | 0 | -33,14 | 643,34 | | 33,1 | 260,4 | 7,86 |
| 182/ 40 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T | 0 | -33,14 | 643,34 | | 33,1 | 260,4 | 7,86 |
| 182/ 41 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T | 0 | 33,14 | 643,34 | | 33,1 | 260,4 | 7,86 |
| 182/ 42 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T | 0 | 33,14 | 643,34 | | 33,1 | 260,4 | 7,86 |
| 182/ 93 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV) | -43,46 | -19,17 | 440,32 | 101,771 | 103,6 | 178,2 | 1,72 |
| 182/ 94 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV) | -43,46 | 19,17 | 440,32 | 101,771 | 103,6 | 178,2 | 1,72 |
| 182/ 95 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV) | 43,46 | -19,17 | 440,32 | 101,771 | 103,6 | 178,2 | 1,72 |
| 182/ 96 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV) | 43,46 | 19,17 | 440,32 | 101,771 | 103,6 | 178,2 | 1,72 |
| 182/ 97 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV) | -13,04 | -63,91 | 440,32 | 71,351 | 95,8 | 178,2 | 1,86 |
| 182/ 98 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV) | 13,04 | -63,91 | 440,32 | 71,351 | 95,8 | 178,2 | 1,86 |
| 182/ 99 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV) | -13,04 | 63,91 | 440,32 | 71,351 | 95,8 | 178,2 | 1,86 |
| 182/ 100 (C) (CQC) | G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV) | 13,04 | 63,91 | 440,32 | 71,351 | 95,8 | 178,2 | 1,86 |

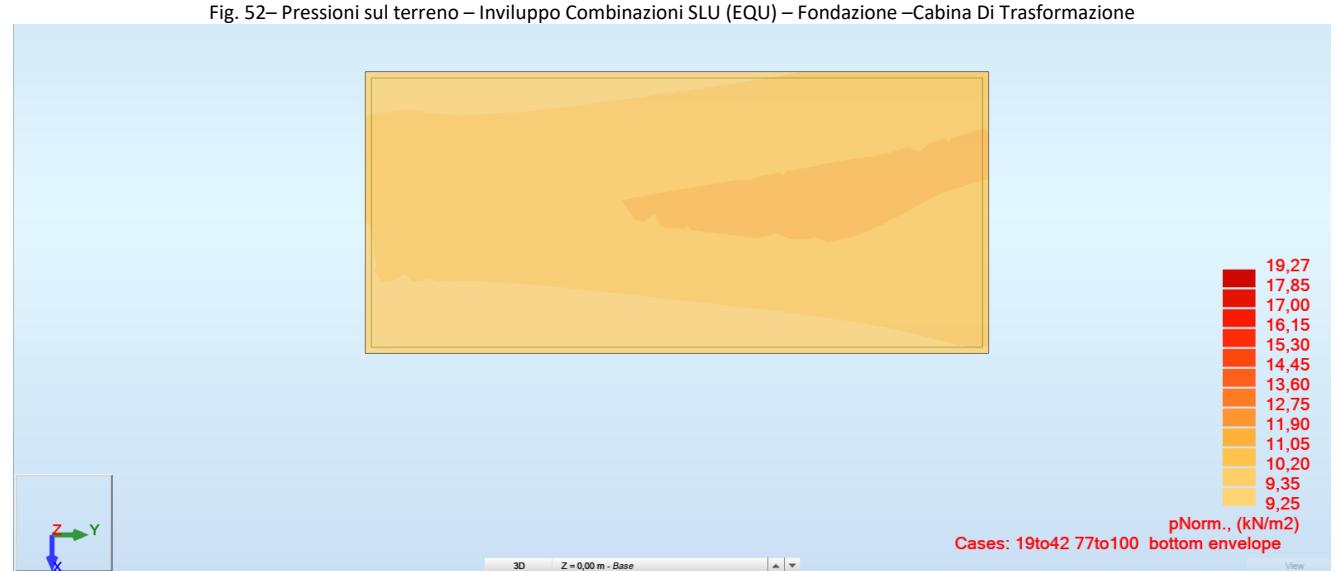
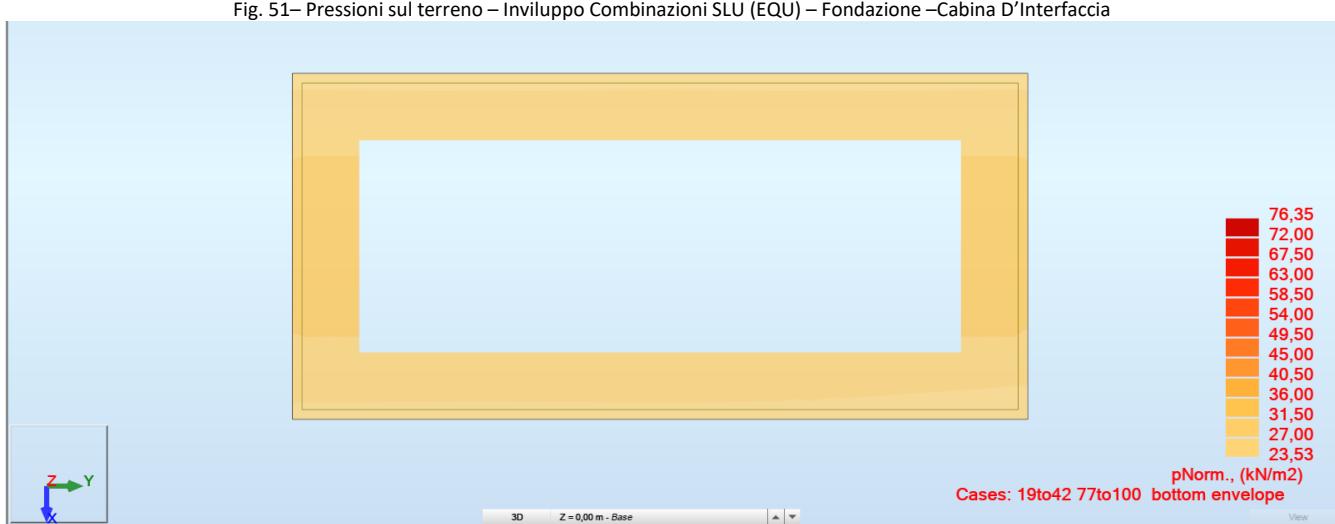
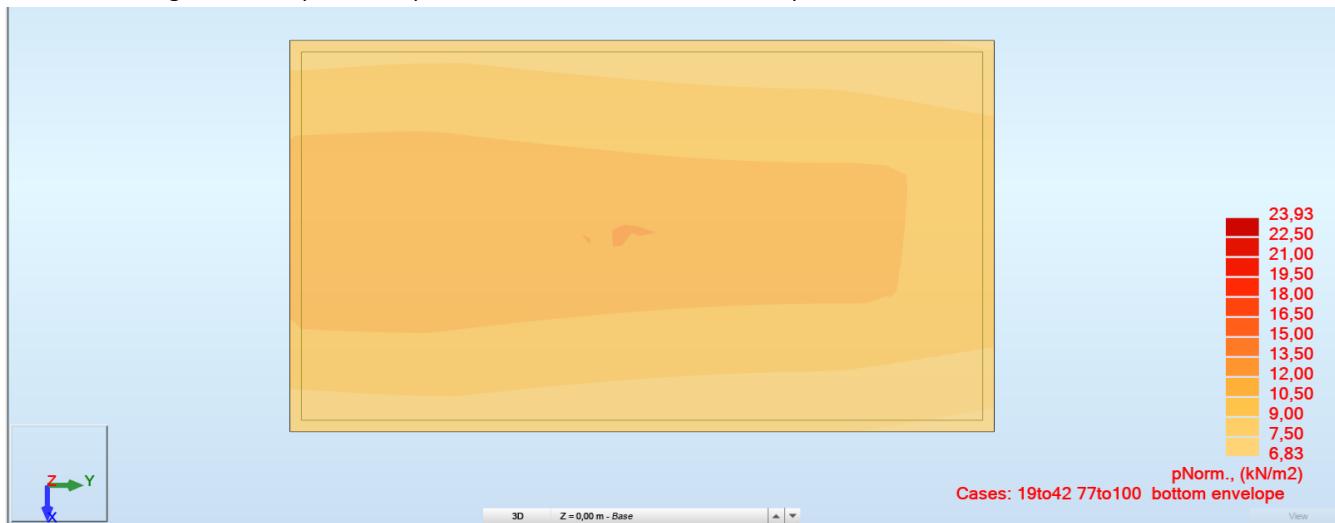
| Fondazion e – Cabina di Consegna | Combinazione | FX [kN] | FY [kN] | FZ [kN] | Tg sismico | Ved [kN] | VRd | F.S. |
|---|-----------------------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------|-------------|
| 11/ 19 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N+0.9T | -63,23 | 2,04 | 513,9 | | 63,3 | 208,0 | 3,29 |
| 11/ 20 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vx+0.75N-0.9T | -63,12 | 1,75 | 498,3 | | 63,1 | 201,7 | 3,19 |
| 11/ 21 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N+0.9T | 60,08 | 2,04 | 513,96 | | 60,1 | 208,0 | 3,46 |
| 11/ 22 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vx+0.75N-0.9T | 60,19 | 1,76 | 498,36 | | 60,2 | 201,7 | 3,35 |
| 11/ 23 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N+0.9T | -1,57 | -50,33 | 514 | | 50,4 | 208,0 | 4,13 |



| | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|----------------|-------------|--------------|-------------|
| 11/ 24 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+1.5Vy+0.75N-0.9T | -1,46 | -50,62 | 498,4 | | 50,6 | 201,7 | 3,98 |
| 11/ 25 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N+0.9T | -1,57 | 54,41 | 513,87 | | 54,4 | 208,0 | 3,82 |
| 11/ 26 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-1.5Vy+0.75N-0.9T | -1,46 | 54,12 | 498,27 | | 54,1 | 201,7 | 3,73 |
| 11/ 27 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N+0.9T | -38,57 | 2,03 | 531,35 | | 38,6 | 215,1 | 5,57 |
| 11/ 28 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+1.5N-0.9T | -38,46 | 1,74 | 515,75 | | 38,5 | 208,8 | 5,42 |
| 11/ 29 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N+0.9T | 35,42 | 2,03 | 531,39 | | 35,5 | 215,1 | 6,06 |
| 11/ 30 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+1.5N-0.9T | 35,53 | 1,74 | 515,79 | | 35,6 | 208,8 | 5,87 |
| 11/ 31 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N+0.9T | -1,57 | -29,39 | 531,41 | | 29,4 | 215,1 | 7,31 |
| 11/ 32 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+1.5N-0.9T | -1,46 | -29,68 | 515,81 | | 29,7 | 208,8 | 7,03 |
| 11/ 33 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N+0.9T | -1,57 | 33,45 | 531,33 | | 33,5 | 215,1 | 6,42 |
| 11/ 34 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+1.5N-0.9T | -1,46 | 33,16 | 515,73 | | 33,2 | 208,7 | 6,29 |
| 11/ 35 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N+1.5T | -38,6 | 2,13 | 524,1 | | 38,7 | 212,1 | 5,49 |
| 11/ 36 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vx+0.75N-1.5T | -38,6 | 2,13 | 524,1 | | 38,7 | 212,1 | 5,49 |
| 11/ 37 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N+1.5T | 35,39 | 2,14 | 524,13 | | 35,5 | 212,1 | 5,98 |
| 11/ 38 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vx+0.75N-1.5T | 35,39 | 2,14 | 524,13 | | 35,5 | 212,1 | 5,98 |
| 11/ 39 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N+1.5T | -1,61 | -29,29 | 524,15 | | 29,3 | 212,2 | 7,23 |
| 11/ 40 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q+0.9Vy+0.75N-1.5T | -1,61 | -29,29 | 524,15 | | 29,3 | 212,2 | 7,23 |
| 11/ 41 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N+1.5T | -1,61 | 33,56 | 524,08 | | 33,6 | 212,1 | 6,31 |
| 11/ 42 (C) | 1.3G1+1.5G2+1.5Q-0.9Vy+0.75N-1.5T | -1,61 | 33,56 | 524,08 | | 33,6 | 212,1 | 6,31 |
| 11/ 19 (C) | G1+G2+0.8Q+Ex+0.3Ey (SLV) | 21,87 | 5,27 | 364,99 | 68,2537 | 68,5 | 147,7 | 2,16 |
| 11/ 20 (C) | G1+G2+0.8Q+Ex-0.3Ey (SLV) | 21,57 | -1,88 | 365,03 | 67,9537 | 68,0 | 147,7 | 2,17 |
| 11/ 21 (C) | G1+G2+0.8Q-Ex+0.3Ey (SLV) | -23,59 | 4,29 | 364,89 | 69,9737 | 70,1 | 147,7 | 2,11 |
| 11/ 22 (C) | G1+G2+0.8Q-Ex-0.3Ey (SLV) | -23,89 | -2,86 | 364,94 | 70,2737 | 70,3 | 147,7 | 2,10 |
| 11/ 23 (C) | G1+G2+0.8Q+Ey+0.3Ex (SLV) | 6,31 | 13,26 | 364,89 | 52,6937 | 54,3 | 147,7 | 2,72 |
| 11/ 24 (C) | G1+G2+0.8Q+Ey-0.3Ex (SLV) | -7,33 | 12,97 | 364,87 | 53,7137 | 55,3 | 147,7 | 2,67 |
| 11/ 25 (C) | G1+G2+0.8Q-Ey+0.3Ex (SLV) | 5,32 | -10,56 | 365,06 | 51,7037 | 52,8 | 147,8 | 2,80 |
| 11/ 26 (C) | G1+G2+0.8Q-Ey-0.3Ex (SLV) | -8,32 | -10,85 | 365,03 | 54,7037 | 55,8 | 147,7 | 2,65 |

e. Verifica a ribaltamento

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



f. Verifica a capacità portante


Fig. 54– Inviluppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina D’interfaccia
Qed = 23,93 Kn/m²



Fig. 55– Inviluppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina Di Trasformazione
Qed = 76,35 Kn/m²

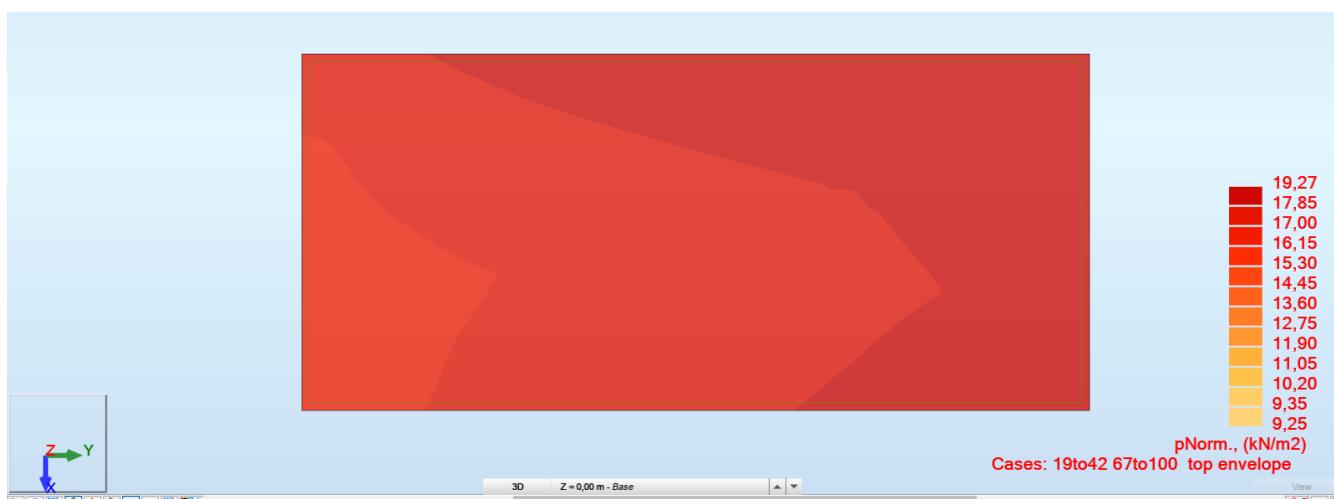


Fig. 56– Inviluppo delle Pressioni nelle Combinazioni SLU – SLV – Fondazione – Cabina Di consegna
Qed = 19,27 Kn/m²

g. Verifica agli stati limite di esercizio SLE

- Fondazione_Cabina d'interfaccia

Verifica a Fessurazione – Fondazione

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

- Combinazioni frequenti → $w_3 = 0.4\text{mm}$
- Combinazioni quasi permanenti → $w_2 = 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio

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

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

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

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

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

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

- Combinazione quasi permanente SLE: Combinazione n°76

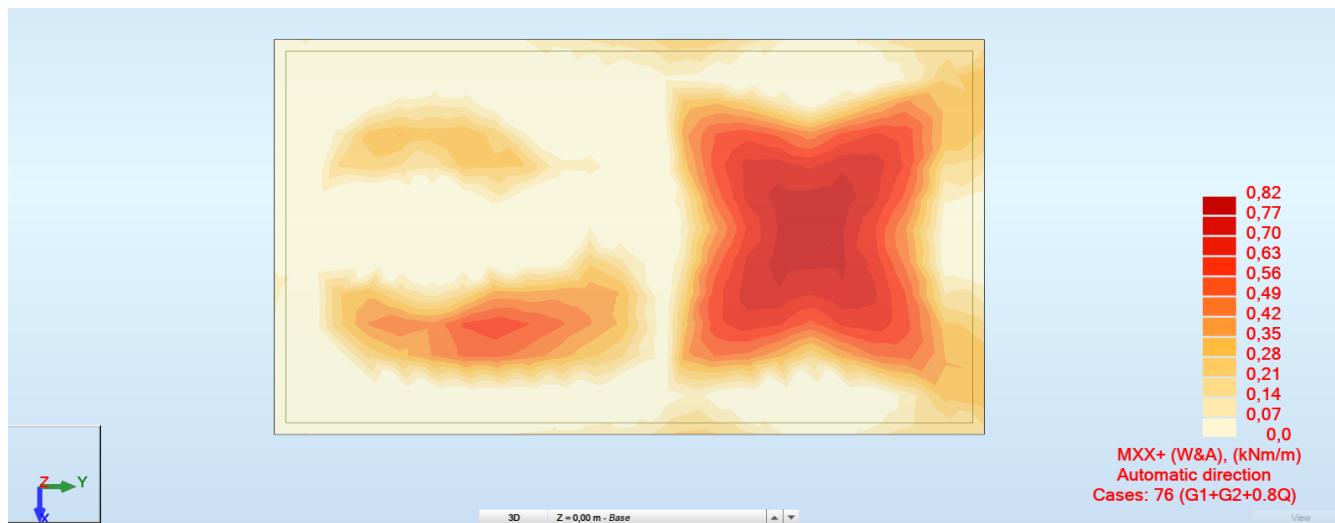


Fig. 57– Inviluppo superiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione X
 COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

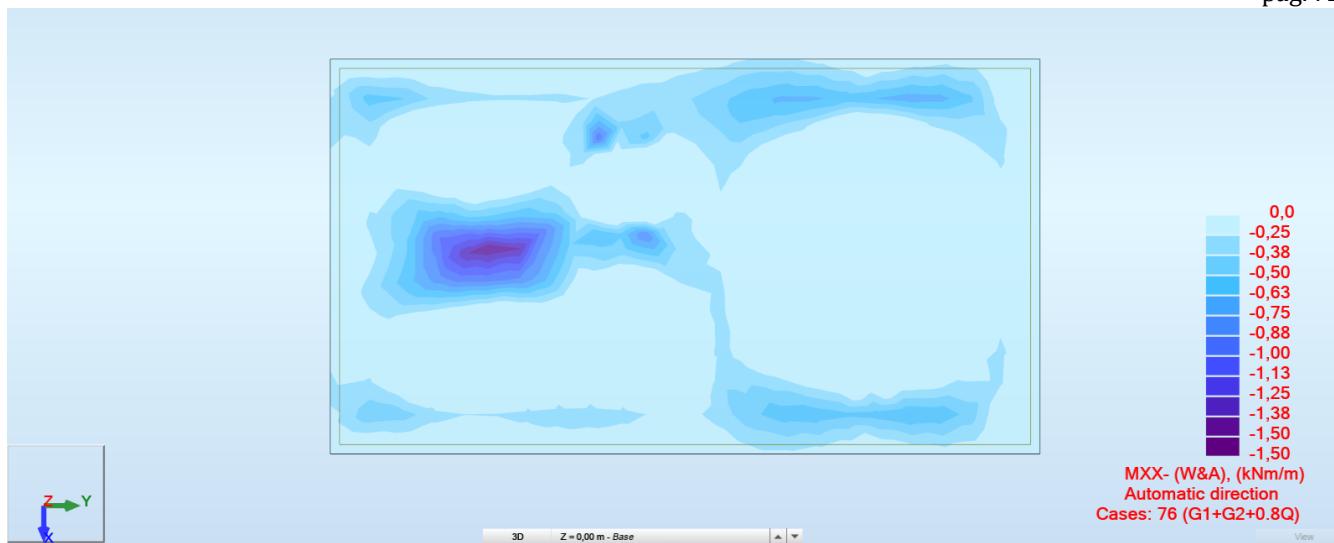


Fig. 58—Inviluppo inferiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione x
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

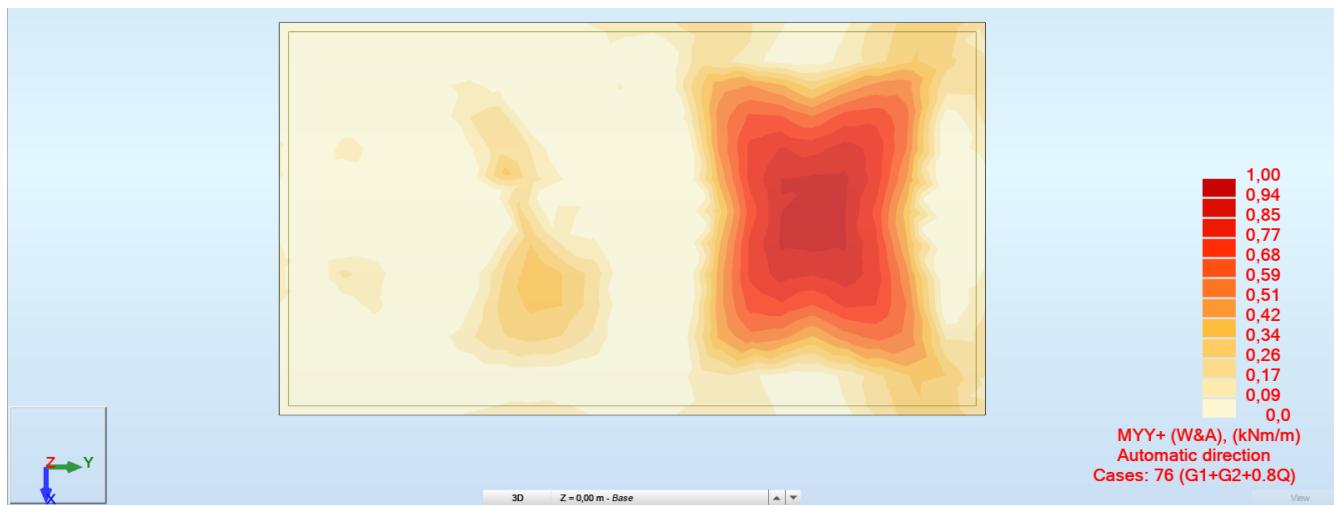


FIG. 59—INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

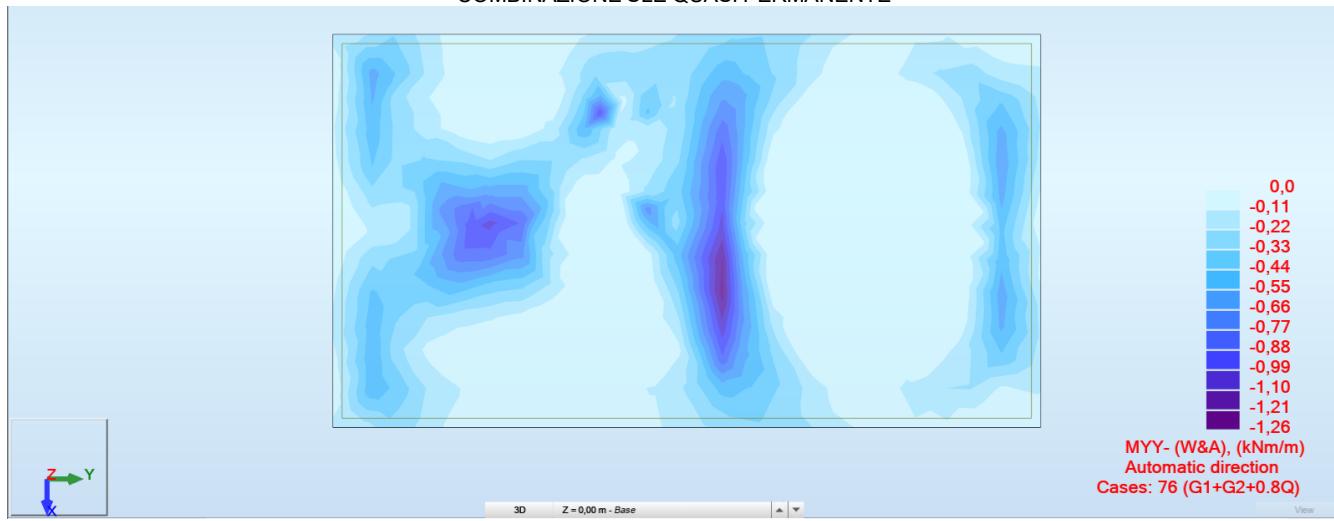


Fig. 60—Inviluppo inferiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento $M_x = 1.50 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

| Verifica della sezione a fessurazione (SLE) | | | |
|---|--------------|---------------------------|----------------------------------|
| wlim | 0,30 mm | Comb SLE Oper | <input type="button" value="▼"/> |
| b | 100 cm | | |
| h | 30 cm | | |
| Es | 210000 N/mmq | | |
| σs | 11,5 N/mmq | | |
| kt | 0,4 | carico di lunga durata | <input type="button" value="▼"/> |
| fctm | 2,56 N/mmq | | |
| As | 5,65 cmq | 5Ø12 | |
| c | 50 mm | copriferro | |
| d | 25 cm | | |
| x | 5,72 cm | | |
| hc,ef | 8,1 cm | | |
| Ac,ef | 809,4 cmq | | |
| ρp,eff | 0,007 | | |
| Ecm | 31447 N/mmq | | |
| αe | 6,678 | | |
| εsm | -0,00068 | | |
| 0,6(σs/Es) | 0,00003 | | |
| | | | |
| k1 | 0,8 | Barre Ad. Migl. | <input type="button" value="▼"/> |
| k2 | 0,50 | | |
| k3 | 3,4 | | |
| k4 | 0,425 | | |
| | | | |
| Δsmax | 461,98 mm | | |
| wd | 0,015 mm | Sezione verificata | |

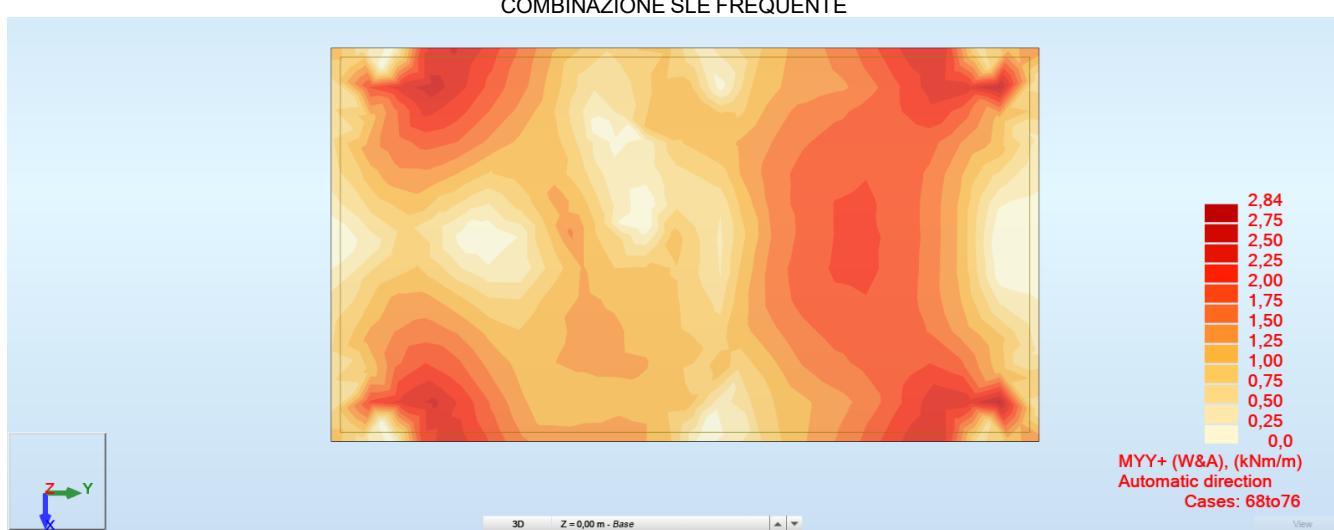
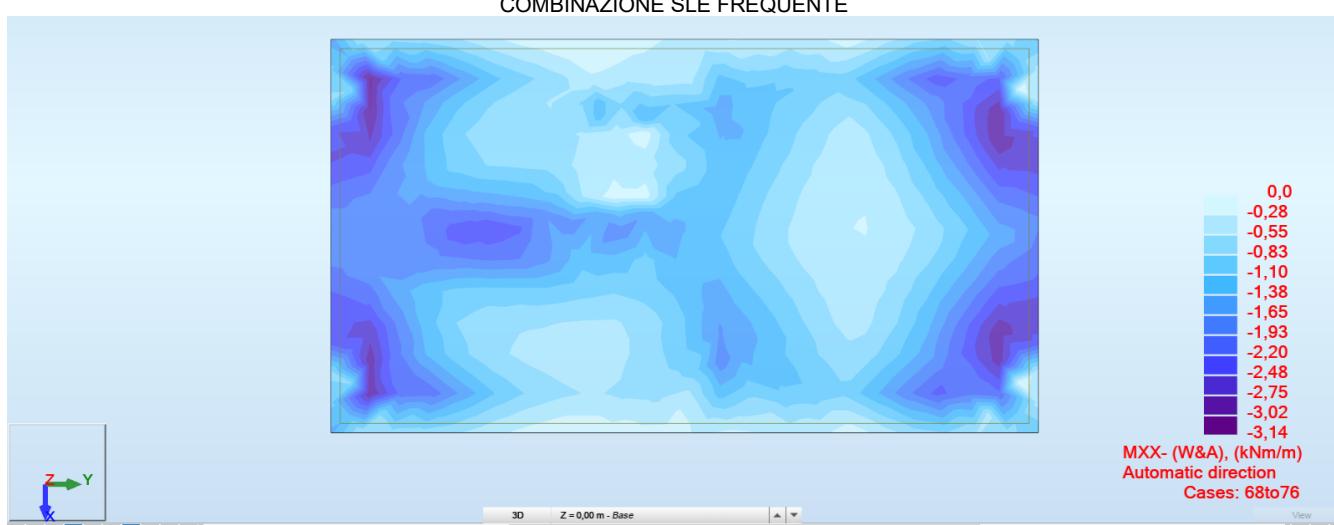
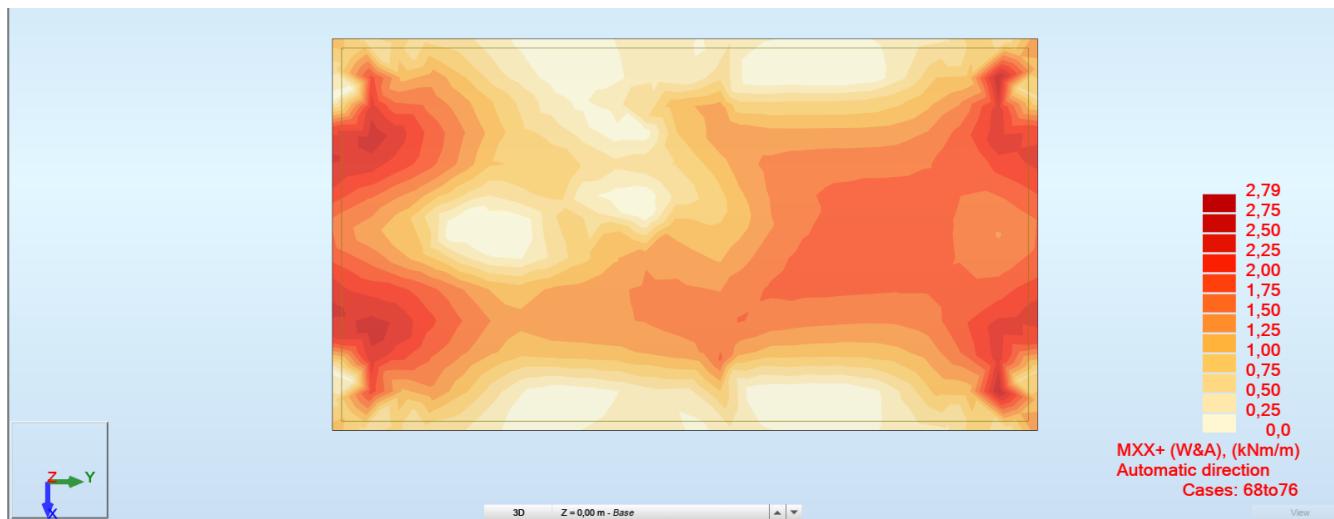
$\sigma_c \sim 0.61 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_s \sim 31 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.015 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

- Combinazione frequente SLE: Combinazione n°68-76



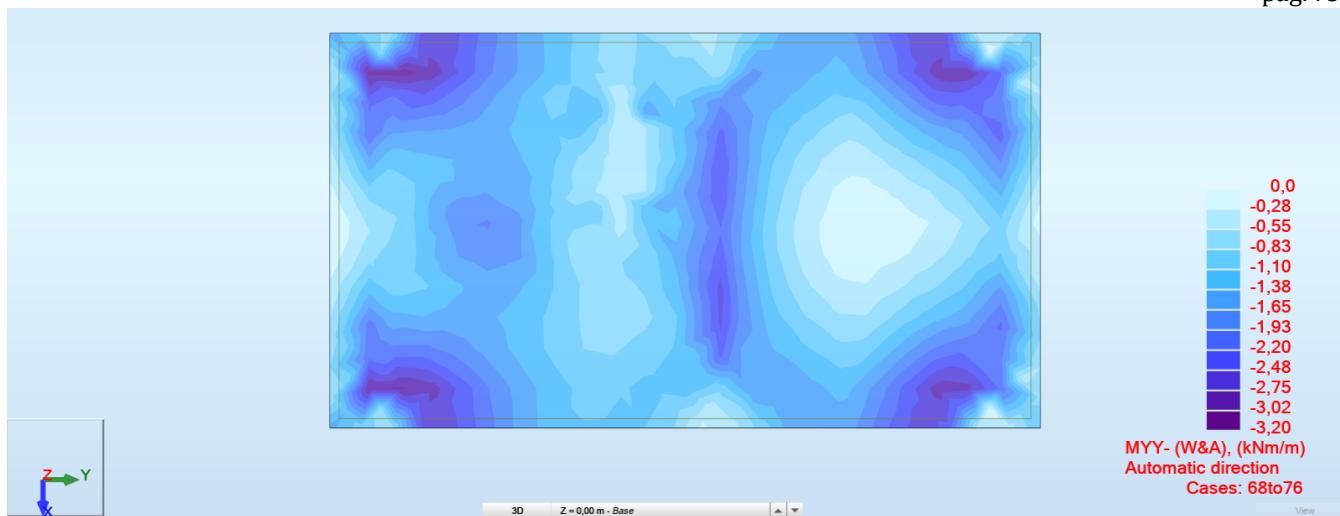


FIG. 64—INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento $M_x = 3.20 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni frequenti SLE:

| Verifica della sezione a fessurazione (SLE) | | | |
|---|--------------|------------------------|---|
| wlim | 0,40 mm | Comb SLE Freq | ▼ |
| b | 100 cm | | |
| h | 30 cm | | |
| Es | 210000 N/mmq | | |
| os | 24,5 N/mmq | | |
| kt | 0,4 | carico di lunga durata | ▼ |
| fctm | 2,56 N/mmq | | |
| As | 5,65 cmq | 5Ø12 | |
| c | 50 mm | copriferro | |
| d | 25 cm | | |
| x | 5,72 cm | | |
| hc,ef | 8,1 cm | | |
| Ac,ef | 809,4 cmq | | |
| pp,eff | 0,007 | | |
| Ecm | 31447 N/mmq | | |
| αe | 6,678 | | |
| εsm | -0,00061 | | |
| 0,6(σs/Es) | 0,00007 | | |
| k1 | 0,8 | Barre Ad. Migli. | ▼ |
| k2 | 0,50 | | |
| k3 | 3,4 | | |
| k4 | 0,425 | | |
| Δsmax | 461,98 mm | | |
| wd | 0,032 mm | Sezione verificata | |

$$\sigma_c \sim 0.61 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 31 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.032 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

- [Fondazione_Cabina di Trasformazione](#)

Verifica a Fessurazione – Fondazione

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

- Combinazioni frequenti → $w_3 = 0.4\text{mm}$
- Combinazioni quasi permanenti → $w_2 = 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio

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

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

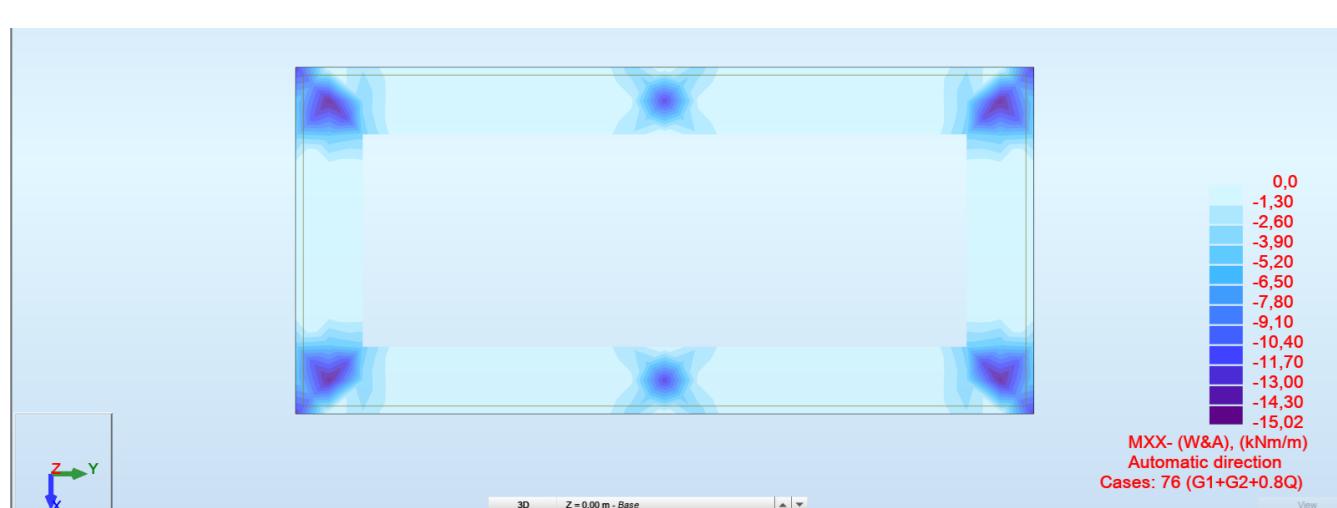
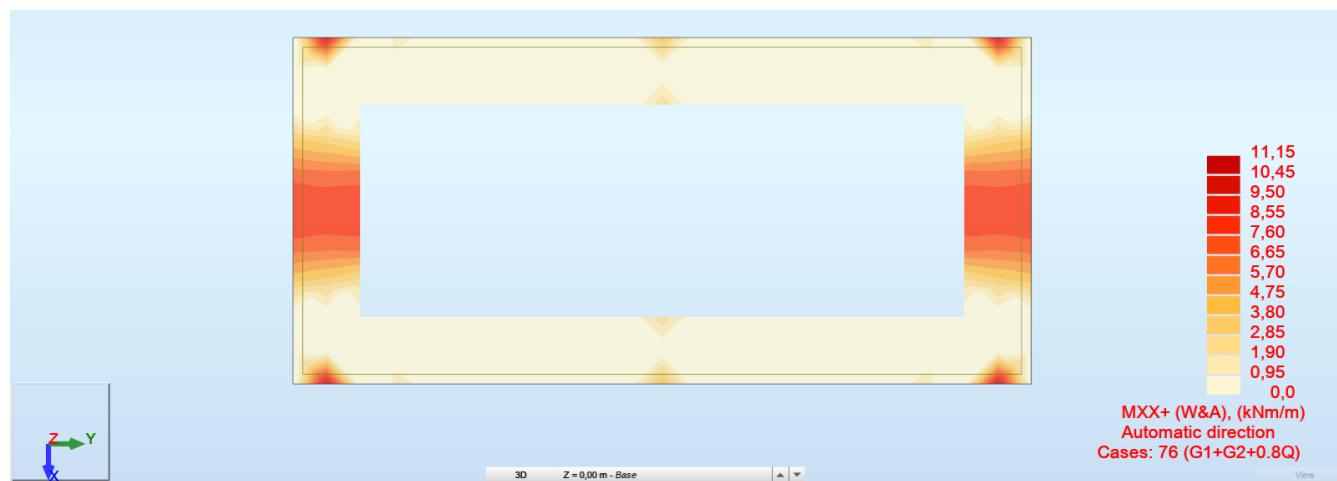
$$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} (25) = 15.0 \text{ N/mm}^2 \text{ (combinazione rara)}$$

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

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

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

- **Combinazione quasi permanente SLE: Combinazione n°76**



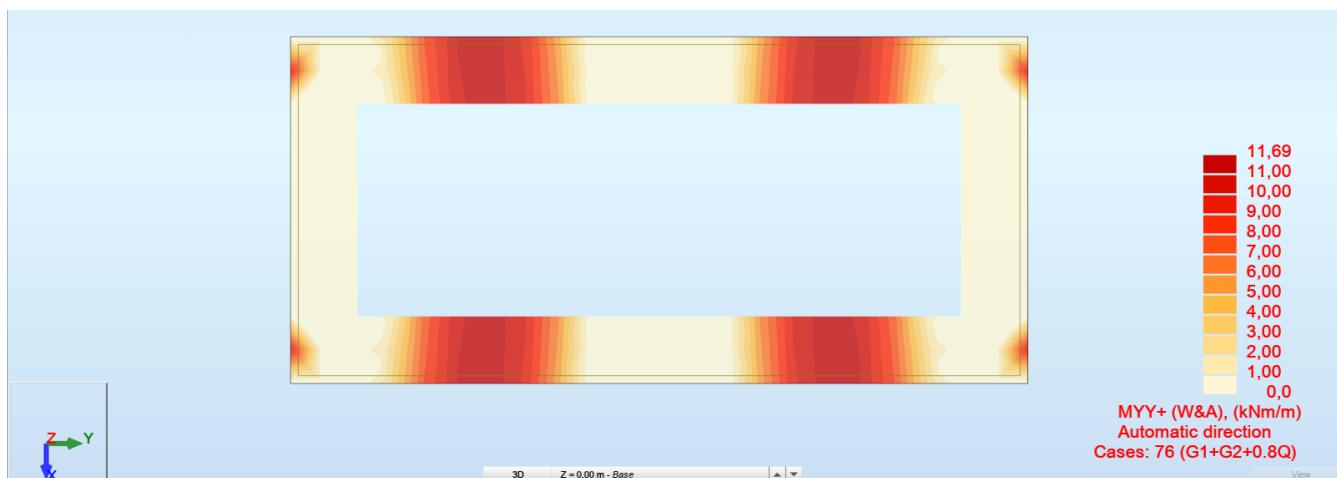


FIG. 67– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

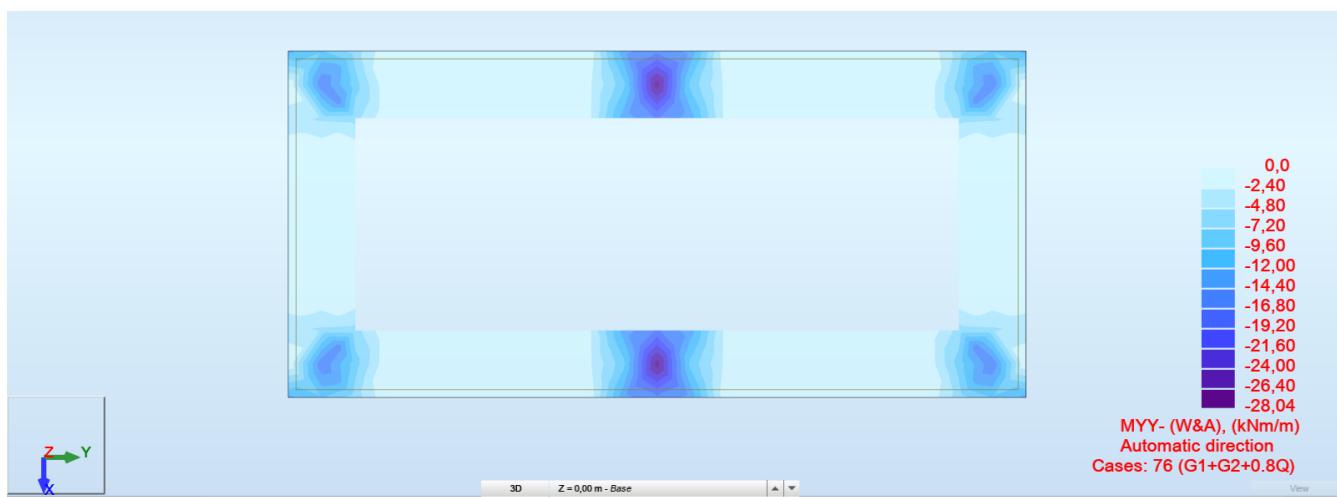


FIG. 68– INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 50 cm armata con fi 3 Ø12 considerando il massimo momento $M_x = 28.04 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:



| Verifica della sezione a fessurazione (SLE) | | | |
|---|----------|-------------------|---------------------------|
| wlim | 0,30 | mm | Comb SLE Oper ▼ |
| b | 60 | cm | |
| h | 50 | cm | |
| Es | 210000 | N/mm ² | |
| σs | 167,3 | N/mm ² | |
| kt | 0,4 | | carico di lunga durata ▼ |
| fctm | 2,56 | N/mm ² | |
| As | 3,39 | cm ² | 3ø12 |
| c | 50 | mm | copriferro |
| d | 45 | cm | |
| x | 7,93 | cm | |
| hc,ef | 12,5 | cm | |
| Ac,ef | 750,0 | cm ² | |
| pp,eff | 0,005 | | |
| Ecm | 31447 | N/mm ² | |
| αe | 6,678 | | |
| εsm | -0,00031 | | |
| 0,6(σs/Es) | 0,00048 | | |
| | | | |
| k1 | 0,8 | | Barre Ad. Migl. ▼ |
| k2 | 0,50 | | |
| k3 | 3,4 | | |
| k4 | 0,425 | | |
| | | | |
| Δsmax | 620,94 | mm | |
| wd | 0,297 | mm | Sezione verificata |

$$\sigma_c \sim 0.61 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 31 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.297 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

- Combinazione frequente SLE: Combinazione n°68-76

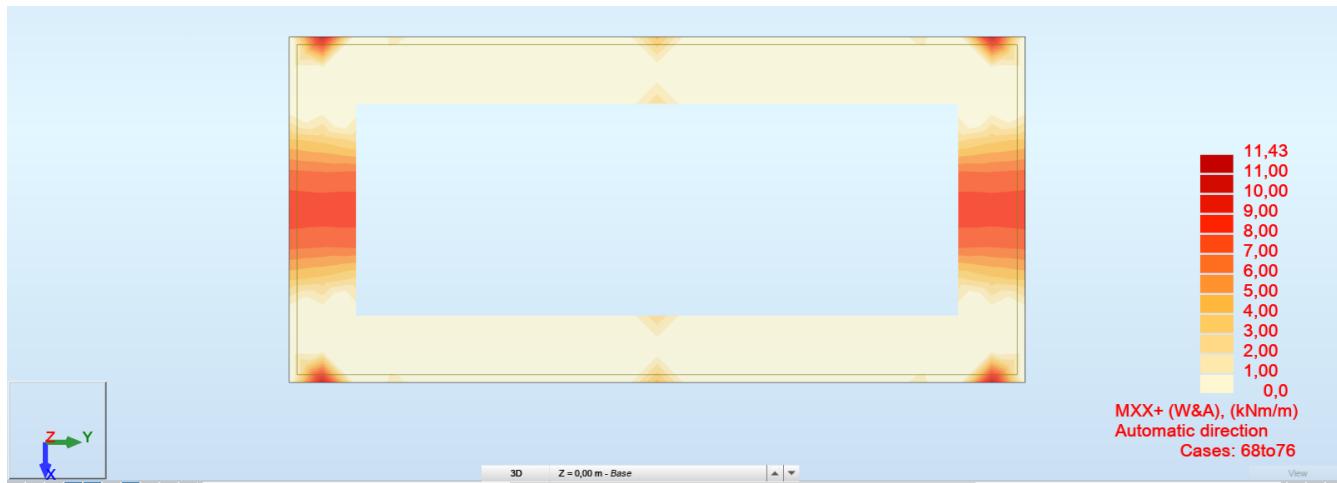


Fig. 69– Inviluppo superiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

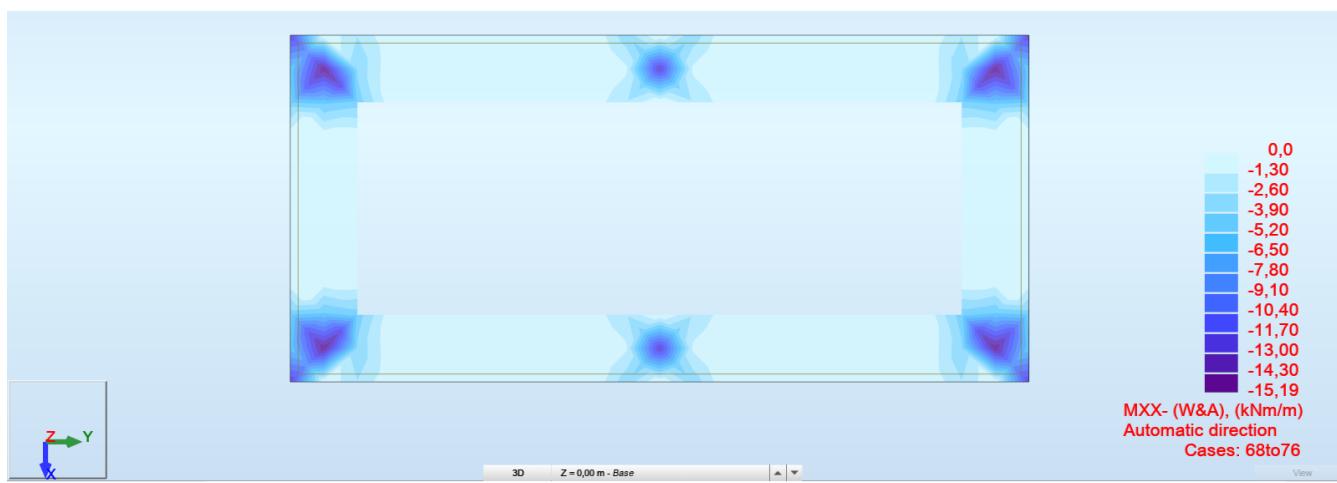


FIG. 70– INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

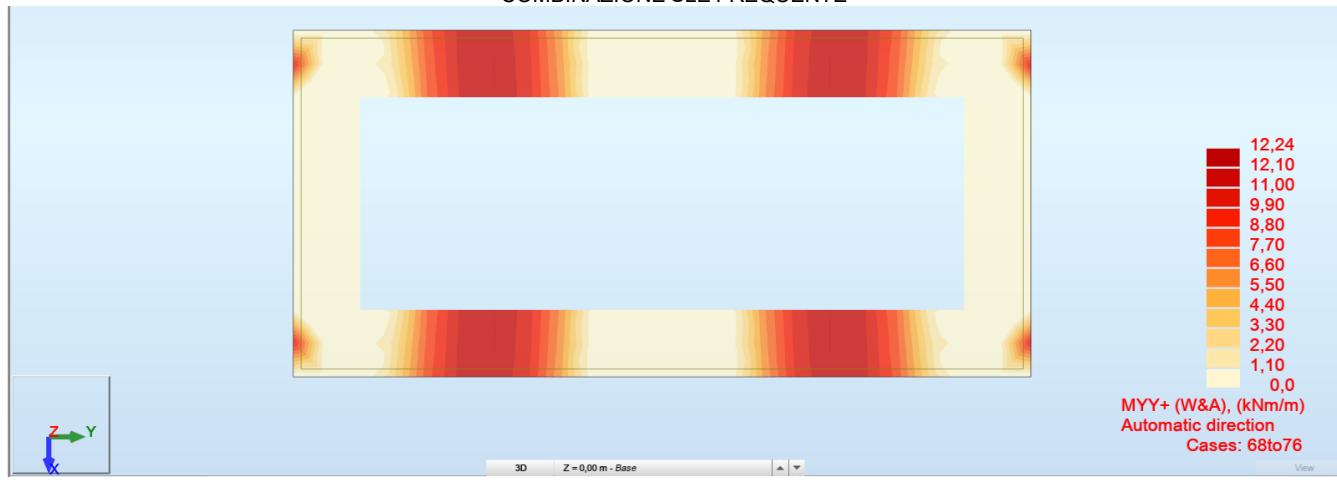


FIG. 71– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

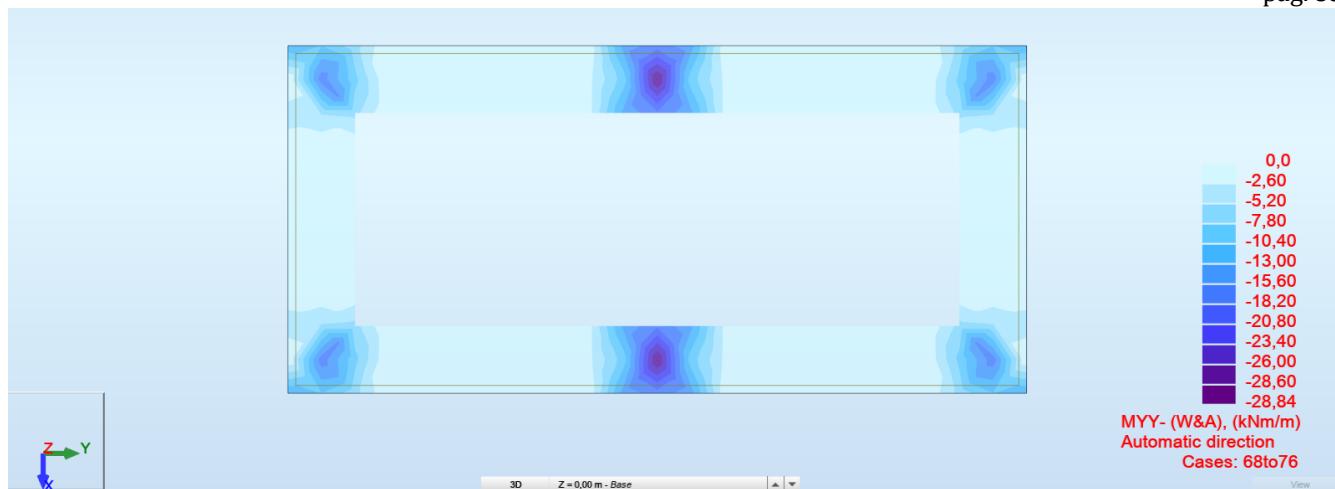


FIG. 72—INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 50cm armata con 3ø12 considerando il massimo momento $M_x = 28.84 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:

| Verifica della sezione a fessurazione (SLE) | | |
|---|--------------|--------------------------|
| wlim | 0,40 mm | Comb SLE Freq ▾ |
| b | 60 cm | |
| h | 50 cm | |
| Es | 210000 N/mmq | |
| σs | 200,7 N/mmq | |
| kt | 0,4 | carico di lunga durata ▾ |
| fctm | 2,56 N/mmq | |
| As | 3,39 cmq | 3ø12 |
| c | 50 mm | copriferro |
| d | 45 cm | |
| x | 7,93 cm | |
| hc,ef | 12,5 cm | |
| Ac,ef | 750,0 cmq | |
| pp,eff | 0,005 | |
| Ecm | 31447 N/mmq | |
| αe | 6,678 | |
| εsm | -0,00015 | |
| 0,6(σs/Es) | 0,00057 | |
| k1 | 0,8 | Barre Ad. Migl. ▾ |
| k2 | 0,50 | |
| k3 | 3,4 | |
| k4 | 0,425 | |
| Δsmax | 620,94 mm | |
| wd | 0,356 mm | Sezione verificata |

$$\sigma_c \sim 0.61 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 31 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.356 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

- **Fondazione_Cabina di Consegna**

Verifica a Fessurazione – Fondazione

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

- Combinazioni frequenti → $w_3 = 0.4\text{mm}$
- Combinazioni quasi permanenti → $w_2 = 0.3\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio

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

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

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

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

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

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

- **Combinazione quasi permanente SLE: Combinazione n°76**

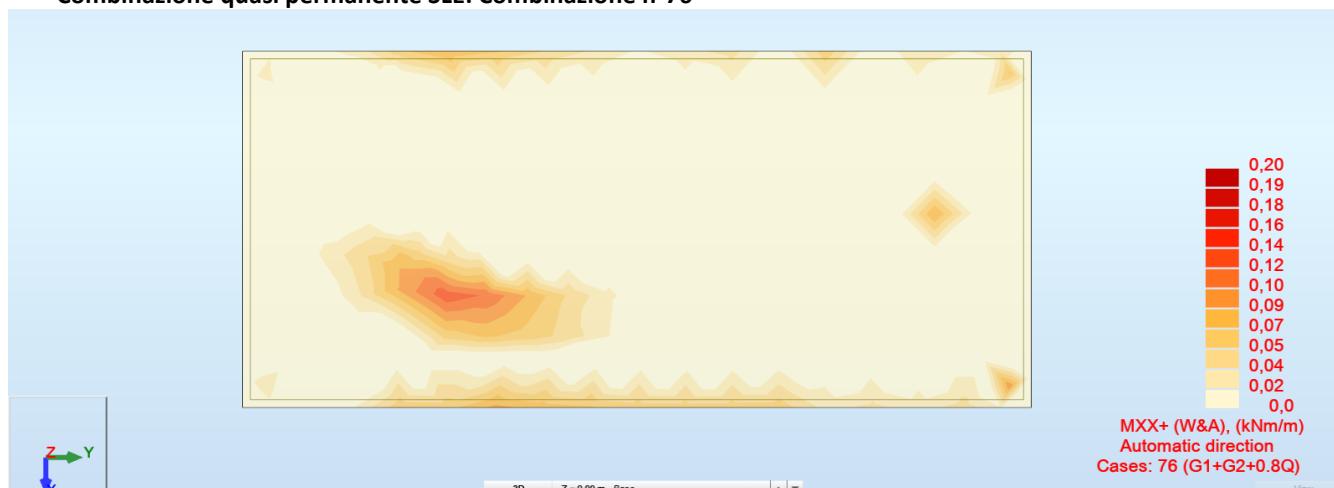


Fig. 73– Inviluppo superiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione X
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

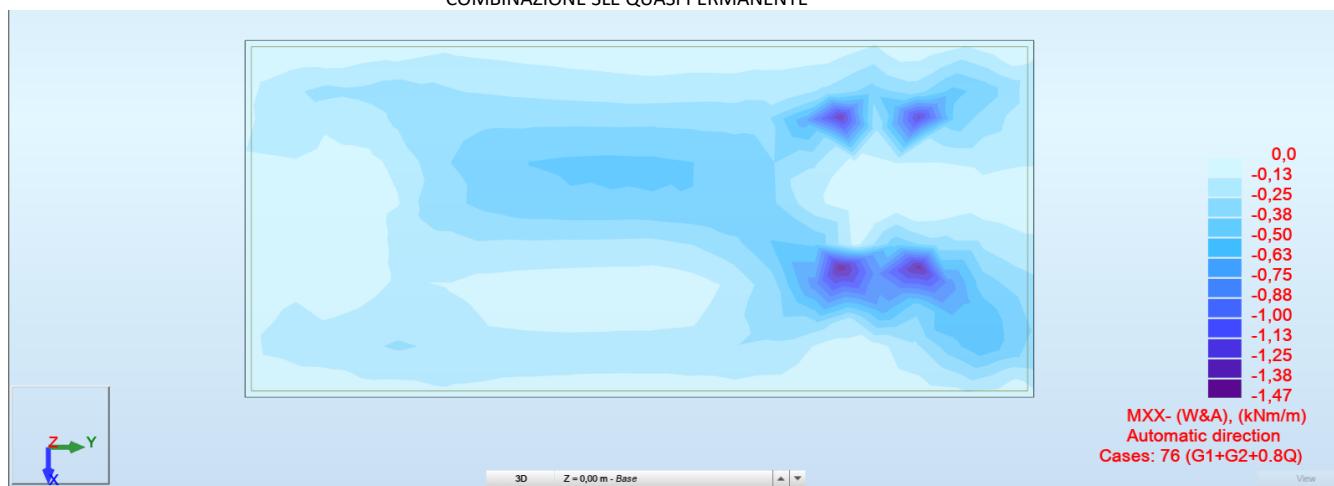


Fig. 74– Inviluppo inferiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione x
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

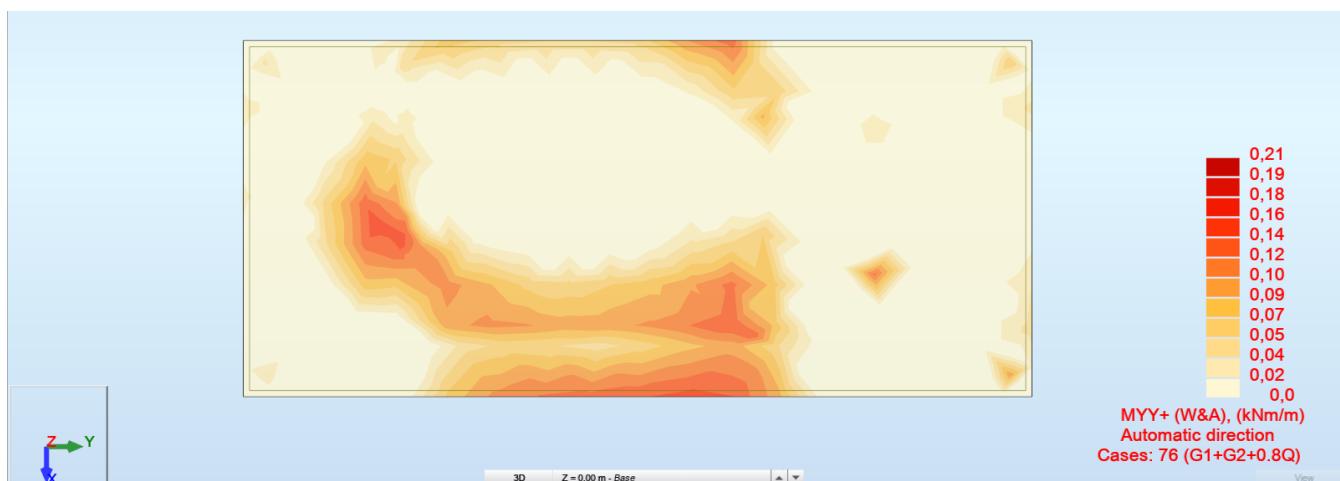


FIG. 75—INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE QUASI PERMANENTE

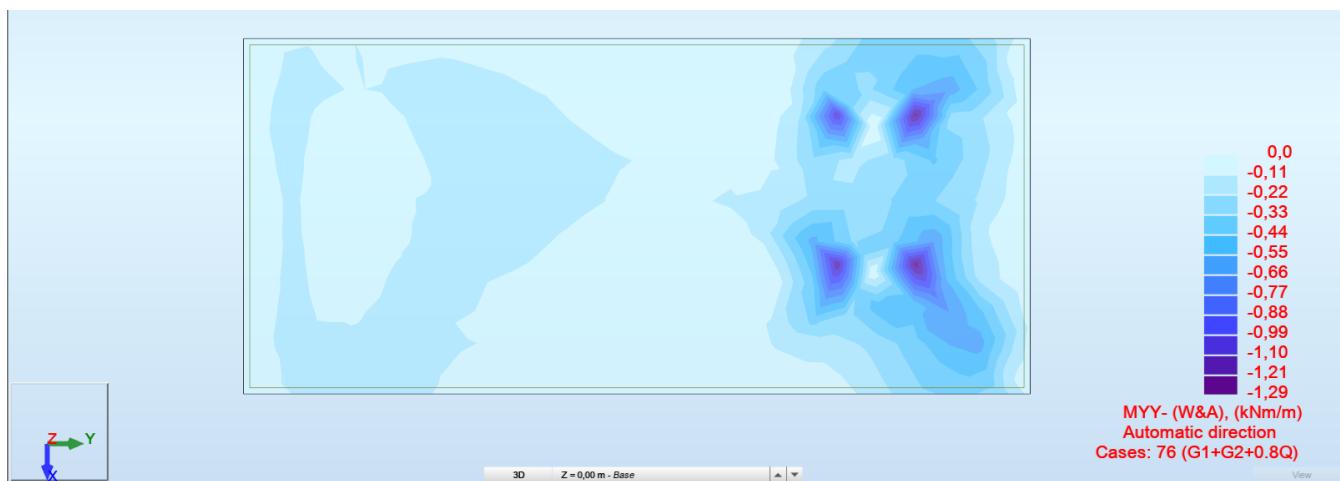


FIG. 76—INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento $M_x = 1.47 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni quasi permanenti SLE:



| Verifica della sezione a fessurazione (SLE) | | |
|---|--------------------------|---------------------------|
| wlim | 0,30 mm | Comb SLE Oper ▼ |
| b | 100 cm | |
| h | 30 cm | |
| Es | 210000 N/mm ² | |
| σs | 11,3 N/mm ² | |
| kt | 0,4 | carico di lunga durata ▼ |
| fctm | 2,56 N/mm ² | |
| As | 5,65 cmq | 5Ø12 |
| c | 50 mm | copriferro |
| d | 25 cm | |
| x | 5,72 cm | |
| hc,ef | 8,1 cm | |
| Ac,ef | 809,4 cmq | |
| pp,eff | 0,007 | |
| Ecm | 31447 N/mm ² | |
| αe | 6,678 | |
| εsm | -0,00068 | |
| 0,6(σs/Es) | 0,00003 | |
| | | |
| k1 | 0,8 | Barre Ad. Migl. ▼ |
| k2 | 0,50 | |
| k3 | 3,4 | |
| k4 | 0,425 | |
| | | |
| Δsmax | 461,98 mm | |
| wd | 0,015 mm | Sezione verificata |

$$\sigma_c \sim 0.61 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 31 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.015 \text{ mm} < 0.3 \text{ mm}$$

- Combinazione frequente SLE: Combinazione n°68-76

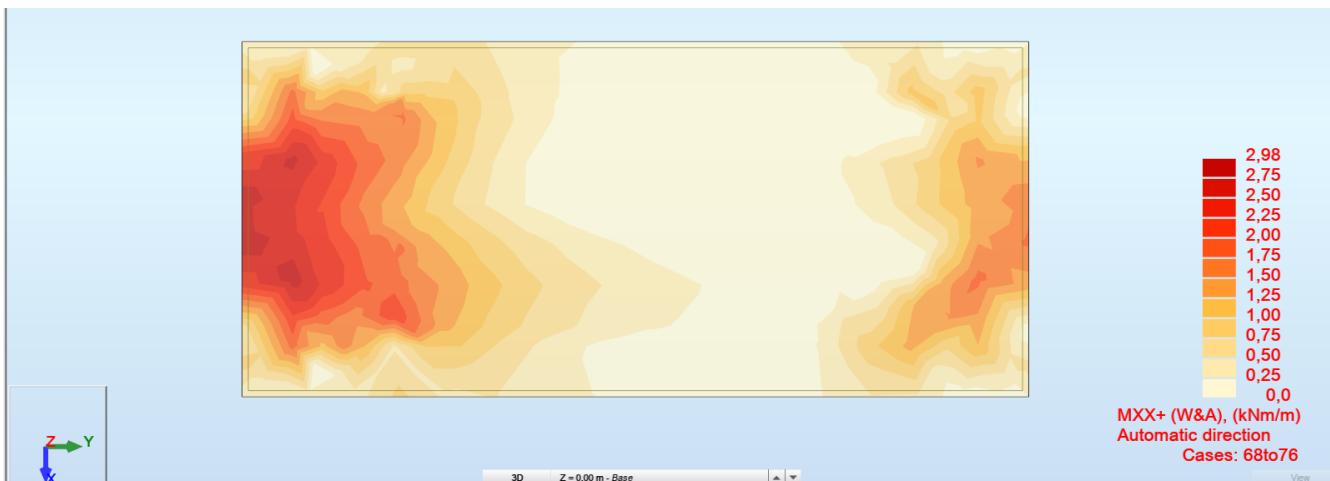


Fig. 77– Inviluppo superiore Momento Flettente (Wood&Armer) direzione X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

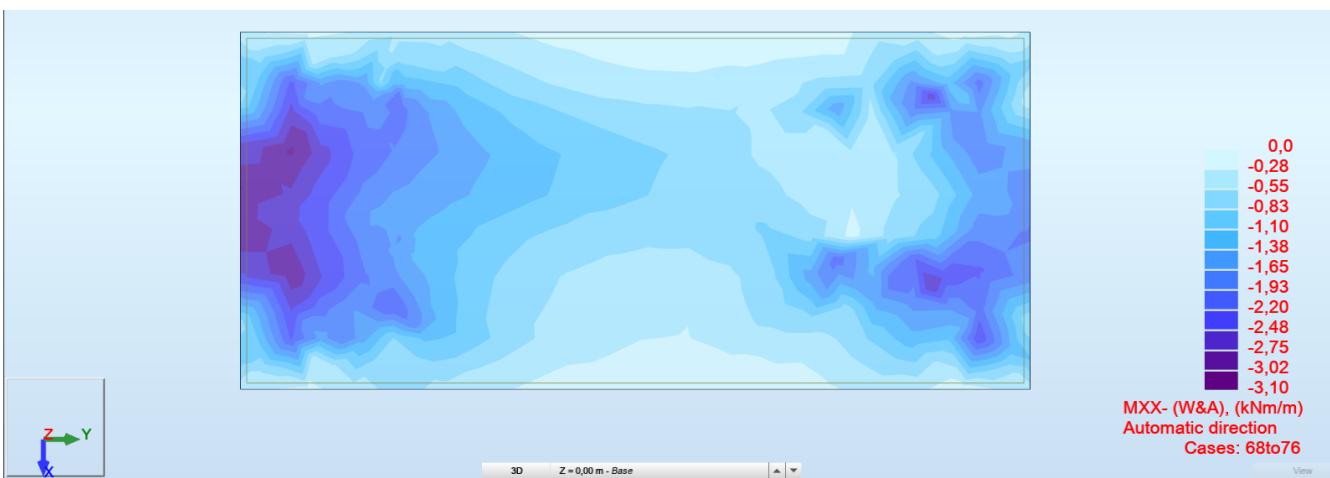


FIG. 78– INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE X
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

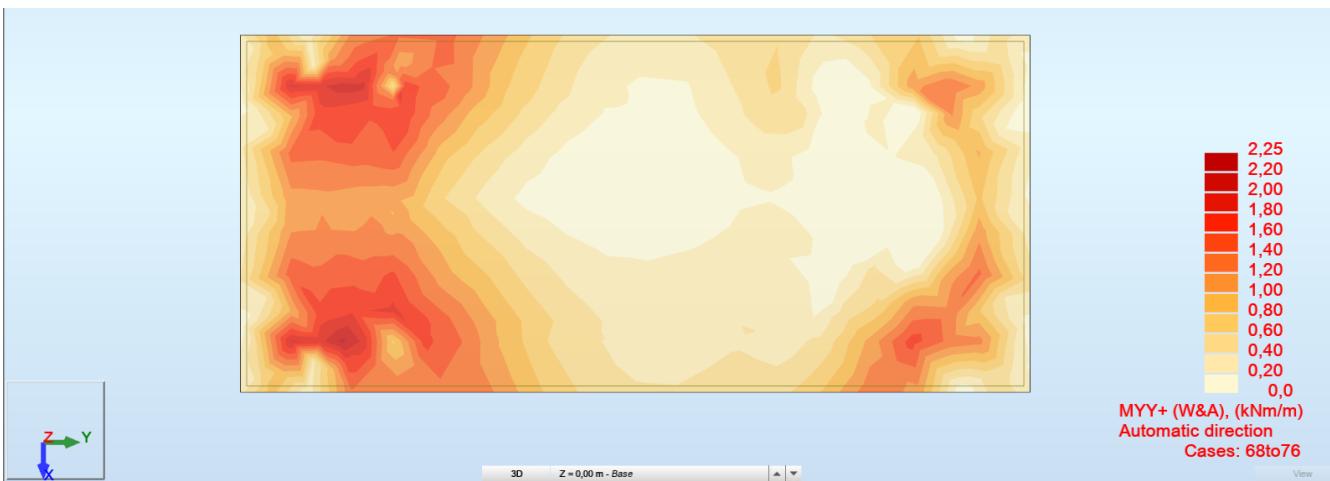


FIG. 79– INVILUPPO SUPERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

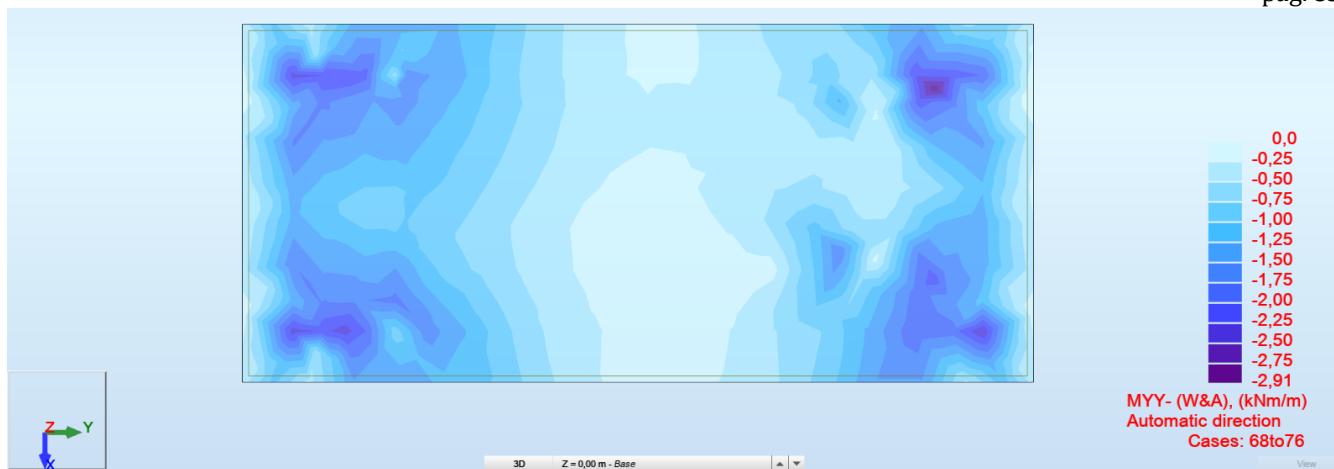


FIG. 80 – INVILUPPO INFERIORE MOMENTO FLETTENTE (WOOD&ARMER) DIREZIONE Y
COMBINAZIONE SLE FREQUENTE

Si riporta nel seguito verifica a fessurazione soletta spessore 30cm armata con fi 12/200 considerando il massimo momento $M_x = 3.10 \text{ kNm/m}$ agente per le combinazioni frequenti SLE:

| Verifica della sezione a fessurazione (SLE) | | | |
|---|--------------|------------------------|---|
| wlim | 0,40 mm | Comb SLE Freq | ▼ |
| b | 100 cm | | |
| h | 30 cm | | |
| Es | 210000 N/mmq | | |
| σ_s | 23,7 N/mmq | | |
| kt | 0,4 | carico di lunga durata | ▼ |
| fctm | 2,56 N/mmq | | |
| As | 5,65 cmq | 5Ø12 | |
| c | 50 mm | coprifero | |
| d | 25 cm | | |
| x | 5,72 cm | | |
| hc,ef | 8,1 cm | | |
| Ac,ef | 809,4 cmq | | |
| pp,eff | 0,007 | | |
| Ecm | 31447 N/mmq | | |
| α_e | 6,678 | | |
| ϵ_{sm} | -0,00062 | | |
| $0,6(\sigma_s/Es)$ | 0,00007 | | |
| k1 | 0,8 | Barre Ad. Migli. | ▼ |
| k2 | 0,50 | | |
| k3 | 3,4 | | |
| k4 | 0,425 | | |
| Δs_{max} | 461,98 mm | | |
| wd | 0,031 mm | Sezione verificata | |

$$\sigma_c \sim 0.61 \text{ N/mm}^2 < 0.45 \times f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s \sim 31 \text{ N/mm}^2 < 0.8 \times f_{yk} = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

L'apertura delle fessure è stimata pari a:

$$w_k = 0.031 \text{ mm} < 0.4 \text{ mm}$$

h. Verifica a cedimento Fondazione

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

- Peso Proprio fondazione
- Peso proprio fondazione e carichi di esercizio applicati SLE
- Peso proprio Fondazione

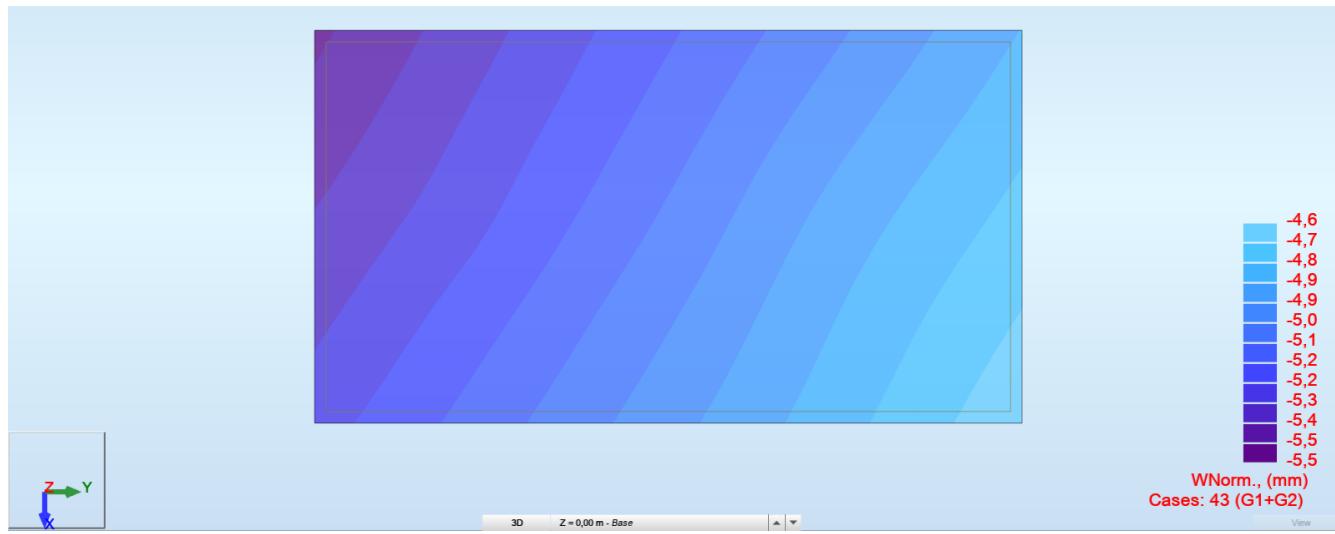


FIG. 81 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI PESO PROPRIO – FONDAZIONE – CABINA D’INTERFACCIA

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

$$w_{\max} = 5.5 \text{ mm}$$

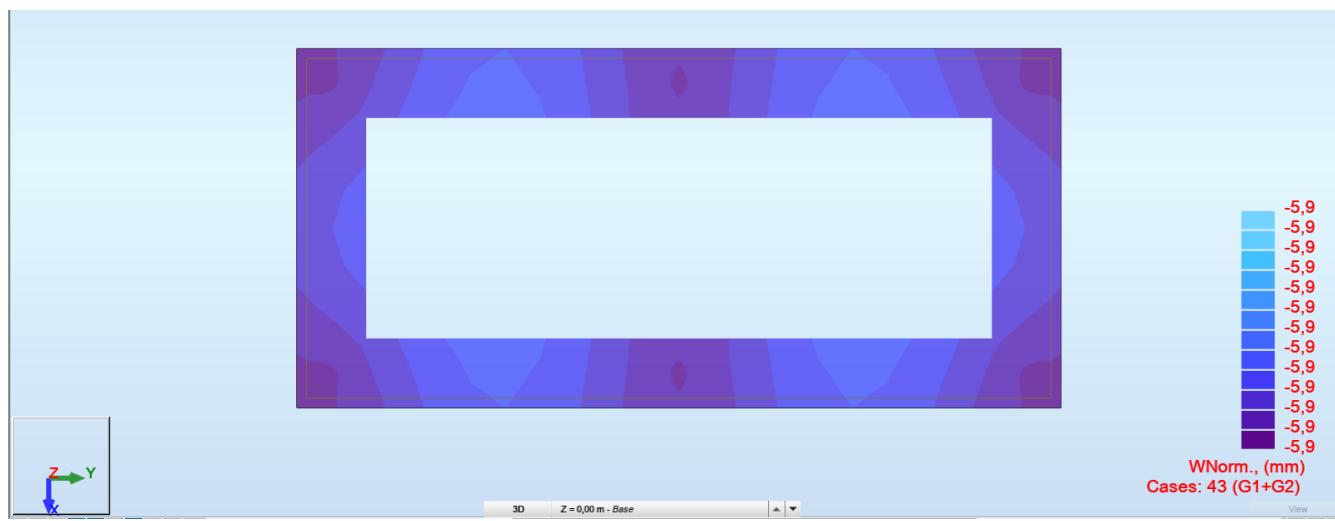


FIG. 82 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI PESO PROPRIO – FONDAZIONE – CABINA DI TRASFORMAZIONE

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

$$w_{\max} = 5.9 \text{ mm}$$

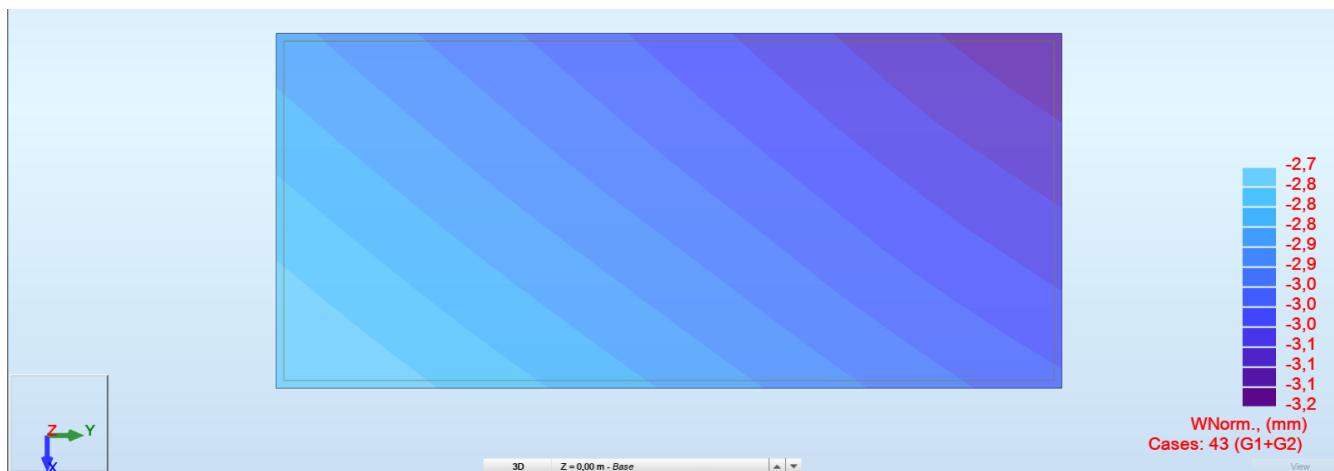


FIG. 83—INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI PESO PROPRIO – FONDAZIONE – CABINA DI CONSEGNA

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

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

- Peso proprio fondazione e carichi di esercizio applicati SLE

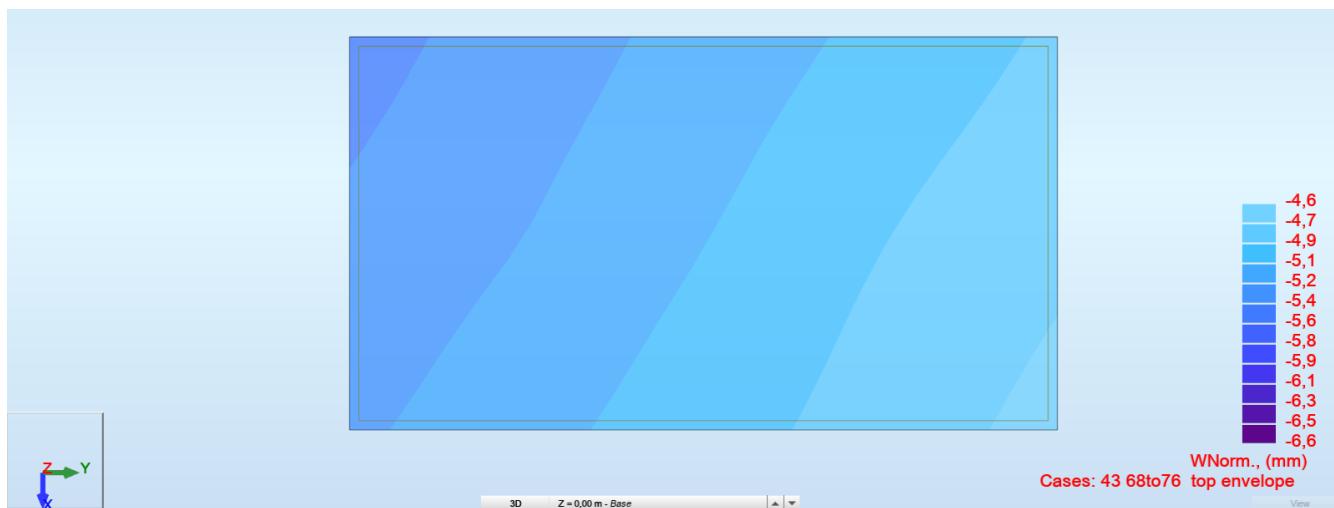


FIG. 84—INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA D'INTERFACCIA

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

$$w_{max} = 6.6 \text{ mm}$$

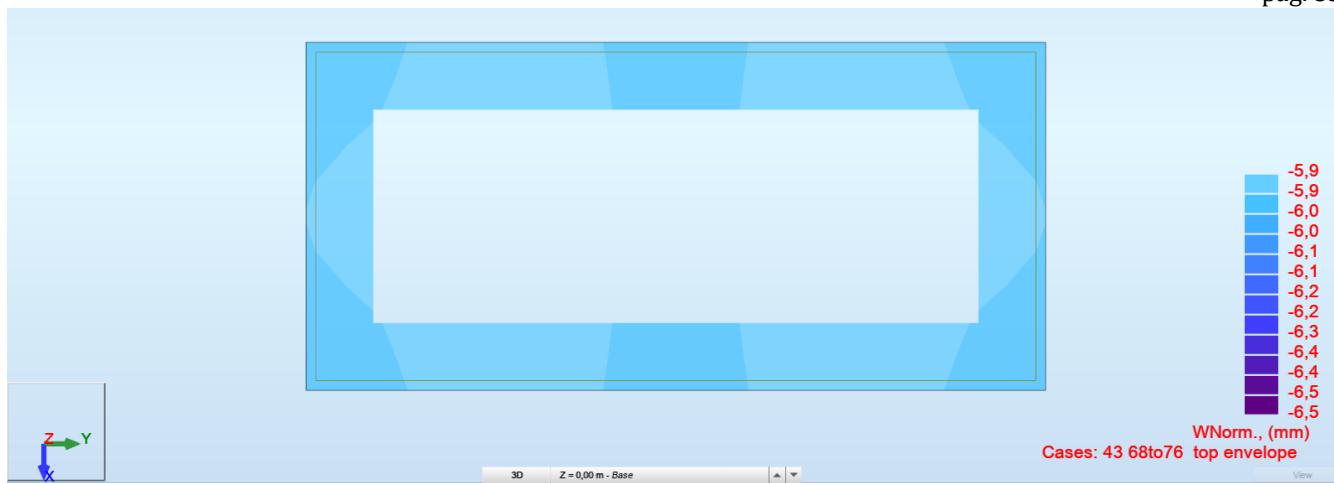


FIG. 85 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI TRASFORMAZIONE

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

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

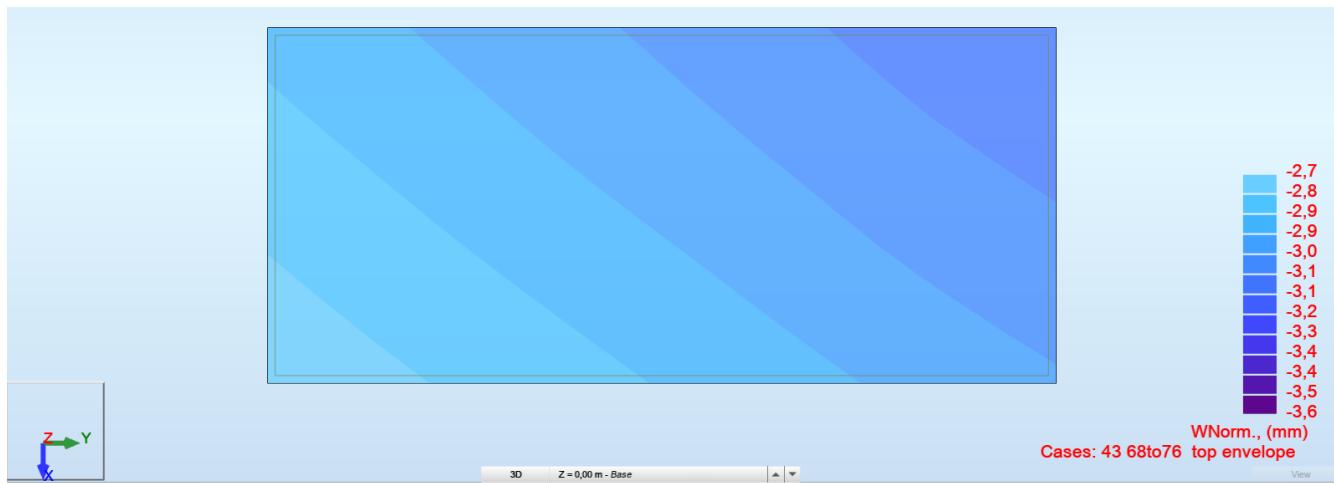


FIG. 86 – INVILUPPO DEI CEDIMENTI SECONDO LE COMBINAZIONI SLE – FONDAZIONE – CABINA DI CONSEGNA

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

$$w_{\max} = 3.6 \text{ mm}$$

3. CONCLUSIONI

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

❖ TIPO DI ANALISI SVOLTA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

L'analisi strutturale è eseguita mediante analisi di rigidezza per la valutazione dello stato di tensione-deformazione indotta dall'analisi statica. La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limiti Ultimi.

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

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

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

| | |
|-------------------|--|
| Titolo | Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024 |
| Autore | Autodesk Inc. |
| Produttore | Autodesk Inc. |
| Fornitore | Autodesk Inc. |
| Versione | 37.0.0.10095(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 esaurente 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 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:

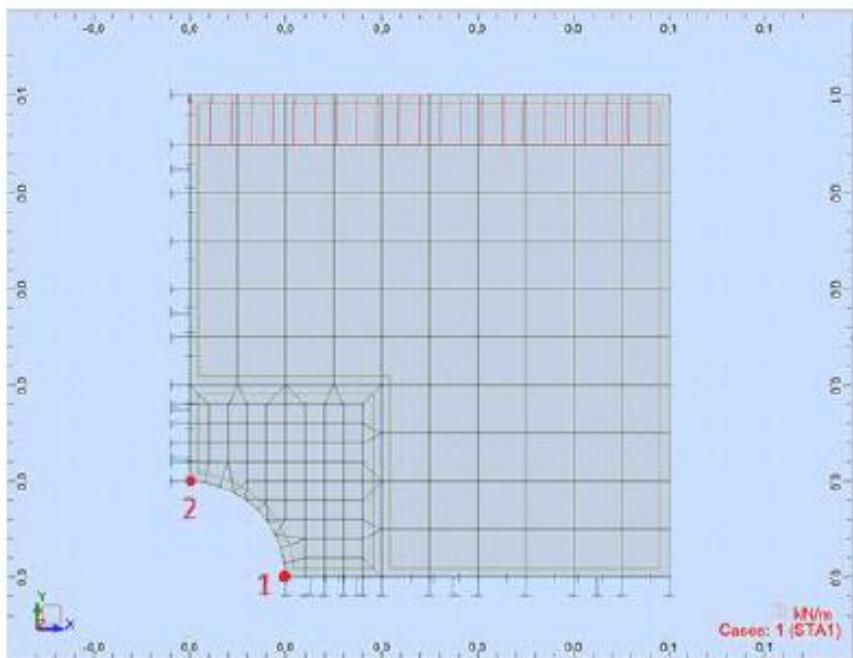
SSLP02
AFNOR

Reference:

Specification: Simple tension of perforated membrane.

GEOMETRY:

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 σ_{xx} (N/mm ²) | 6.94 | 7.5 | 7.47 |
| 2 | Stress σ_{xx} (N/mm ²) | -2.57 | -2.5 | 2.80 |

CONCLUSION:

Poor agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Rectangular plate: cantilever slab - SSLS01

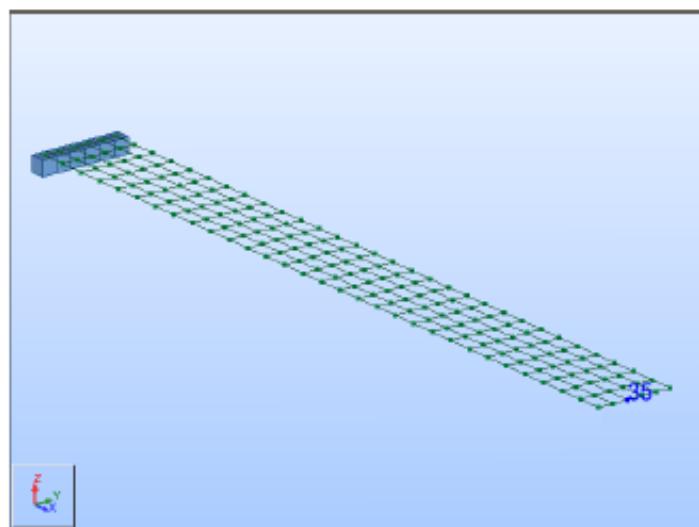
Name of the test:

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.

25



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 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

Simply supported square plate - SSLS02

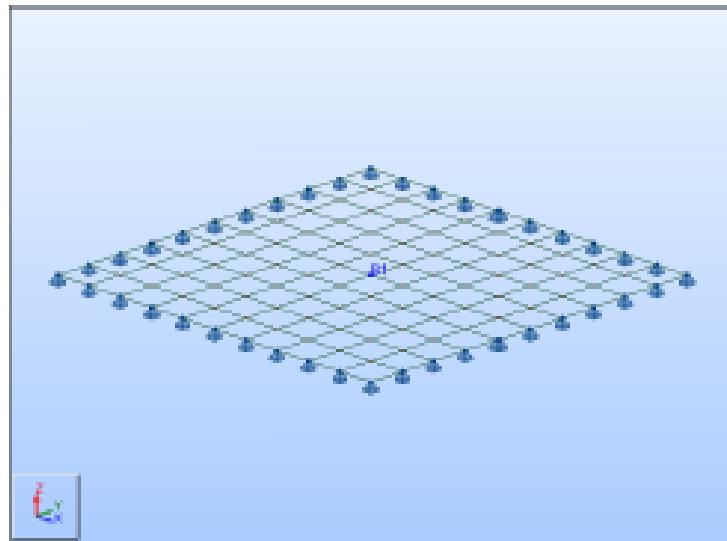
Name of the test:

SSLS02

Reference:

AFNOR

Specification: Simply supported square plate under self weight.

GEOMETRY:

DATA FILE: SSLS02.rid

COMPARISON:

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

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

CONCLUSION:

Excellent agreement of results.

VERIFICATION EXAMPLE

Circular plate under uniform load - SSLS03

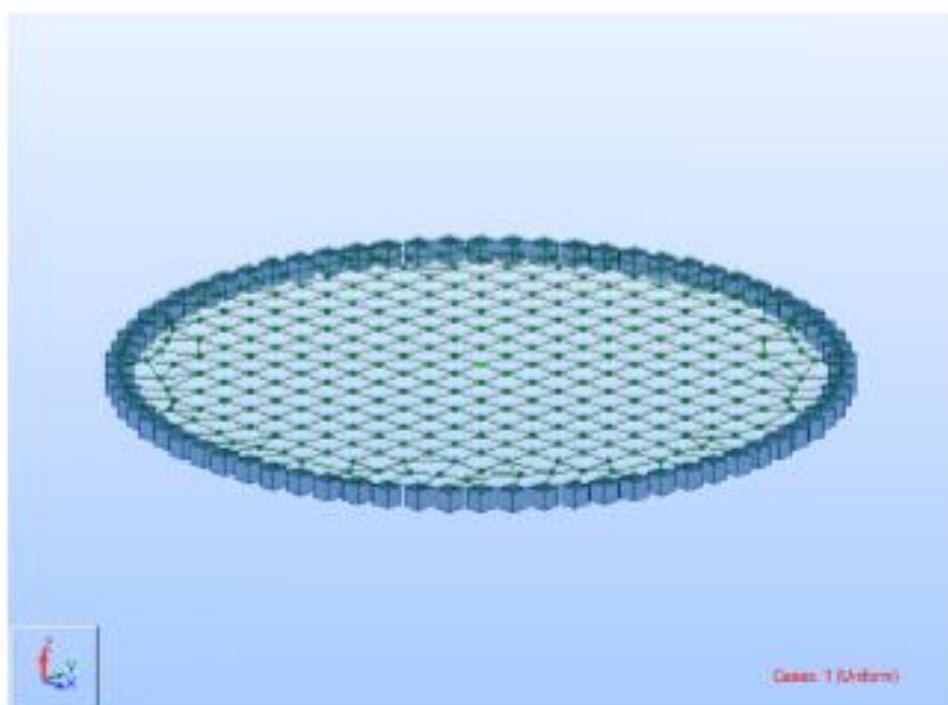
Name of the test:

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 |

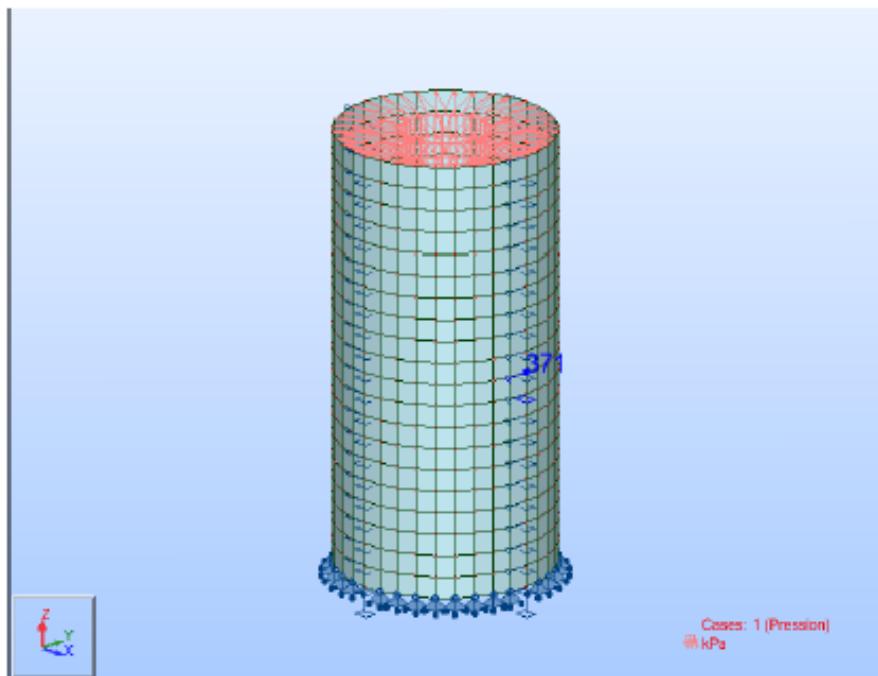
CONCLUSION:

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.

30



Autodesk [and other products] are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product offerings and specifications 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.