



Provincia Autonoma di Trento
Comune di Scurelle
**CENTRALINA IDROELETTRICA
NEL COMUNE DI SCURELLE**




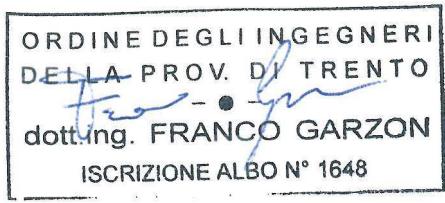
APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SWS. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.

**PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO CENTRALE - 36**

| | | |
|-----------|-----------------------------|--------|
| COMMESSA: | ALLEGATO: | SCALA: |
| MDW032 | E SW CL C I 0 0 0 0 0 0 1 A | - |

| REV. | DESCRIZIONE | REDATTO | DATA | VERIFICATO | DATA | APPROVATO | DATA |
|------|-----------------|---------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| A | PRIMA EMISSIONE | FRT | 06/2015 | GRZ | 06/2015 | GRZ | 06/2015 |

| | |
|--|---|
| PROGETTAZIONE:  SWS Engineering S.p.A. Via della Stazione, 27 - 38123 Trento fraz. Mattarello Tel. +39 0461 979000 Fax +39 0461 979250 e-mail: info@sws.it | IL PROGETTISTA:  |
|--|---|

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 1 di 49</div> |

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE | 2 |
| 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA | 3 |
| 3. NORMATIVA | 4 |
| 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 4 |
| 4.1. CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO | 4 |
| 4.1. CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER C.A..... | 5 |
| 4.1. CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER CARPENTERIA..... | 5 |
| 5. ANALISI DEI CARICHI | 6 |
| 5.1. CARICHI PERMANENTI (G)..... | 6 |
| 5.1. CARICHI ACCIDENTALI (Q)..... | 7 |
| 5.1. AZIONE SISMICA (E)..... | 9 |
| 6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI | 14 |
| 7. METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA | 18 |
| 7.1. SCHEMA STATICO..... | 18 |
| 7.1. VINCOLI..... | 18 |
| 7.2. DIAGRAMMI COSTITUTIVI DEI MATERIALI..... | 18 |
| 8. SOFTWARE UTILIZATO E MODELLO DI CALCOLO | 20 |
| 8.1. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO | 20 |
| 8.2. ORIENTAMENTO E CONVENZIONE DI SEGNO DEGLI ELEMENTI..... | 21 |
| 8.3. DESCRIZIONE ED ELEMENTI DEL MODELLO DI CALCOLO | 23 |
| 9. RISULTATI | 24 |
| 9.1. SOLLECITAZIONI SLU+SISM | 24 |
| 9.2. DEFORMAZIONI - SPOSTAMENTI..... | 29 |
| 10. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI | 31 |
| 10.1. DETTAGLI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI SLU+SISM | 31 |
| 10.2. DETTAGLI PER LE VERIFICHE SLE..... | 35 |
| 10.3. PILASTRI..... | 38 |
| 10.4. TRAVI | 40 |
| 10.5. ELEMENTI PARETE – SOLETTA – PLATEA..... | 49 |
| 11. CONCLUSIONI | 49 |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 2 di 49</div> |

1. INTRODUZIONE

Nel presente documento si riporta il progetto delle strutture portanti per una nuova centralina elettrica nel comune di Scurelle (TN).



Figura 1-1 foto aerea dell'area di intervento

Nella presente relazione di calcolo si riportano i risultati delle principali analisi e verifiche eseguite nella progettazione degli elementi strutturali. L'intera opera è stata progettata calcolando le sollecitazioni agli Stati Limite Ultimi e di Esercizio ed eseguendo le verifiche previste dalla normativa vigente (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

Tutti i codici di calcolo utilizzati sono di sicura ed accertata validità, per la loro diffusione sul mercato e per la pratica d'uso consolidata e frequente all'interno della pratica di progettazione.

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 4 di 49</div> |

3. NORMATIVA

I calcoli sviluppati sono stati svolti secondo il metodo degli Stati Limite nel rispetto della Normativa vigente; in particolare la documentazione e la normativa cui si fa riferimento per la redazione del presente lavoro sono di seguito riportate:

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 14 gennaio 2008: "Norme Tecniche per le costruzioni" G.U. 4 febbraio 2008, n 29.
- Circolare Applicativa n.617 del 02/02/2009: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008".

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1. CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO

Il cemento utilizzabile in fase di progettazione deve essere di tipo:

- CEM I: Portland;
- CEM II: Portland composito;
- CEM III: Altoforno;
- CEM IV: Pozzolanico;
- CEM V : Composito.

Nelle tabella che segue sono riportate le caratteristiche che deve possedere il calcestruzzo.

| <i>Caratteristiche calcestruzzo C25/30 – Fondazioni e Strutture fuori terra</i> | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
| Tipo di Cemento: | CEM IV/A (P-V) 42,5R | |
| Classe di Resistenza : | $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa (C25/30)}$ | |
| Massimo diametro dell'aggregato: | 16mm | |
| Massimo rapporto Acqua/Cemento; | 0.65 | |
| Contenuto minimo di cemento: | 260 kg/m ³ | |
| Classe di consistenza (SLUMP): | S4 | |
| Copriferro minimo: | 2.00cm | |
| Classe d'esposizione: | XC1 (UNI 11104) | |
| Modulo di Young: | E_c | 31476 MPa |
| Resistenza a compressione ammissibile: | σ_c | 9.75 MPa |
| Resistenza al taglio senza armature specifiche: | τ_{c0} | 0.60 MPa |
| Resistenza al taglio con armature specifiche: | τ_{c1} | 1.829 MPa |
| Resistenza al taglio per flessione e torsione accoppiata: | $1.1 \cdot \tau_{c1}$ | 2.01 MPa |
| Resistenza caratteristica cilindrica: | f_{ck} | 25.00 MPa |
| Resistenza di calcolo cilindrica: | f_{cd} | 14.17 MPa |
| Resistenza a trazione caratteristica: | f_{ctk} | 1.50 MPa |
| Resistenza media a trazione | f_{ctm} | 2.20 MPa |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 5 di 49</div> |

4.1. CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER C.A.

L'acciaio per c.a. da utilizzare nella realizzazione dell'opera deve presentare le caratteristiche riportate:

| | | |
|--|----------|------------|
| <i>Acciaio in barre ad aderenza migliorata controllato in stabilimento</i> | | |
| Acciaio tipo | | B450C |
| Tensione snervamento | f_y | 450 MPa |
| Tensione di rottura | f_t | 540 MPa |
| Tensione di snervamento di progetto | f_{yd} | 391.3 MPa |
| Modulo di Young: | E_s | 206000 MPa |

4.1. CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER CARPENTERIA

L'acciaio per carpenteria metallica. da utilizzare nella realizzazione dell'opera deve presentare le caratteristiche riportate:

| | | |
|--|---------------|-------------|
| <i>Acciaio per carpenteria controllato in stabilimento</i> | | |
| Acciaio tipo | | S275 |
| Tensione snervamento | f_y | 275 MPa |
| Tensione di rottura | f_t | 430 MPa |
| fattore di sicurezza sul materiale | γ_{M0} | 1.05 |
| Tensione di snervamento di progetto | f_{yd} | 262 MPa |
| Modulo di Young: | E_s | 210 000 MPa |
| Coefficiente di Poisson | ν | 0.30 |

L'elemento in acciaio è la trave HEA260 che sorregge il verricello posto per muovere le macchine nella centrale.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|-----------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 6 di 49</p> |

5. ANALISI DEI CARICHI

I carichi considerati per il calcolo delle sollecitazioni a cui è sottoposta la struttura appartengono a due classi distinte: carichi permanenti e carichi accidentali; a questi si aggiunge la componente sismica.

5.1. CARICHI PERMANENTI (G)

Peso proprio degli elementi strutturali (G1)

Il peso proprio dei calcestruzzi viene calcolato in automatico dal programma, e posto pari a 25,0 kN/m³, pari a 78.50 kN/m³ per gli elementi in acciaio.

Per quanto riguarda gli impalcati si ha:

| | | |
|-------------|------------------|----------|
| piano terra | soletta in c.a. | 3.00 kPa |
| copertura | lastre predalles | 3.00 kPa |

permanententi non strutturali (G2)

Per quanto riguarda gli impalcati si ha:

| | | |
|-------------|----------------|----------|
| piano terra | pavimentazione | 2.00 kPa |
| copertura | pavimentazione | 2.00 kPa |

Per quanto riguarda le macchine industriali presenti si hanno i seguenti pesi dichiarati:

| | |
|---------------------------|----------|
| Generatore asincrono | 2000 daN |
| Turbina francis | 2500 daN |
| Valvola di macchina DN800 | 1500 daN |
| Trasformatore MT/BT | 1400 daN |

Inoltre si annovera tra questi carico la spinta litostatica delle terre sulle pareti interrato e pari a:

$$ST = \gamma T h K_0$$

con:

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| $\gamma T = 19.0 \text{ kN/m}^3$ | peso specifico del terreno |
| $h \text{ [m]}$ | altezza (variabile) del muro |
| $K_0 = 0.50$ | coefficiente di spinta a riposo |

pertanto, essendo l'altezza massima di interramento 4.0m, si avrà che il valore della spinta, avente andamento triangolare crescente lungo l'altezza del muro, varia da 0 (piano campagna) a 38.0 kPa (platea).

Non c'è presenza di falda.

| | | | | | | |
|---|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|--|
|  | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 7 di 49 |

5.1. CARICHI ACCIDENTALI (Q)

Destinazione d'uso (Q1)

Tra questi carichi vi è l'acqua che può riempire la vasca interrata della turbina, e che spinge sulle pareti (spinta triangolare a partire dal pelo libero) e sulla platea (spinta costante):

$$SH = YH h$$

con:

$$YH = 10.0 \text{ kN/m}^3$$

Vi sono inoltre:

piano terra carichi industriali 5.00 kPa

Neve (Q2)

Valutazione del carico neve

D.M.LL.PP. 14 gennaio 2008 - circolare 2 febbraio 2009, n. 617.


| INPUT | | | |
|-------------------------------|---|--|--|
| Zona: | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">I-Alpina</div> | <i>Zona I - Alpina: Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.</i> | |
| Altitudine as: | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">350.00</div> m | <i>Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.</i> | |
| Carico al suolo qsk: | 1.71 kN/m ² | | |
| Topografia: | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Normale</div> | | |
| Ce | 1 | | |
| Ct | 1.0 | | |
| COPERTURA AD UNA FALDA | | | |
| Pendenza falda 1: | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0</div> % → α1 | 0.00 ° | |
| μ1 | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.8</div> | | |
| Carico neve qs : | | 1.37 kN/m² | |

Si considerano quindi 1.40 kPa agenti.

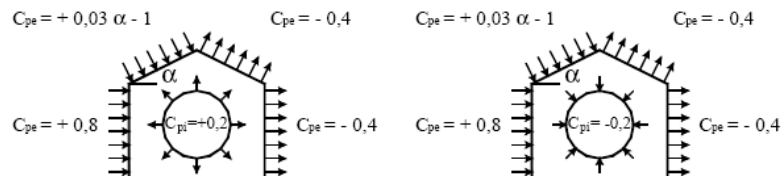
Vento (Q3 e Q4)

Si riepilogano i calcoli effettuati per il dimensionamento dell'azione del vento:

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 8 di 49</div> |

Direzione
del vento 

Costruzioni aventi una parete con aperture
di superficie < 33 % di quella totale



Valutazione delle spinte del vento

D.M.LL.PP. 14 gennaio 2008 - circolare 2 febbraio 2009, n.

| | | |
|------------------------------|-------------------------|--|
| Zona: | 1 | <i>Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia,</i> |
| Altitudine assoluta: | 350 m | <i>Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli</i> |
| | | <i>Venezia Giulia (con l'eccezione della</i> |
| | | <i>provincia di Trieste).</i> |
| Altezza z della costruzione: | 6.00 m | |
| Classe di rugosità terreno: | B | <i>Aree urbane (non di classe A),</i> |
| | | <i>suburbane, industriali e boschive.</i> |
| Pressione qb: | 390.63 N/m ² | |
| Categoria di esposizione: | IV | |
| Ct: | 1.00 | |
| Ce: | 1.63 | |
| Cd: | 1.00 | |
| Superficie d'attrito: | Liscia | <i>Acciaio, cemento a faccia liscia, ...</i> |
| Cf: | 0.01 | |
| Pressione tangente: | 6.38 N/m ² | |

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curve.

Edificio isolato e/o prima copertura di una serie di edifici

| Elemento. | α [°] | Cp | Pressione [kN/m ²] |
|-----------------------|--------------|-------|--------------------------------|
| parete sopravento: | 90 | 0.80 | 0.51 |
| parete sottovento: | - | -0.40 | -0.26 |
| spiovente sopravento: | 0 | -0.40 | -0.26 |
| spiovente sottovento: | - | -0.40 | -0.26 |

*positiva se diretta
verso l'elemento.*

Si considera quindi una pressione di 0.51 kPa e una depressione di -0.26 kPa.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|-----------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 9 di 49</p> |

5.1. AZIONE SISMICA (E)

L'azione esterna dovuta al sisma viene valutata mediante i parametri sismici dell'area ottenuti facendo riferimento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008 pubblicate nella G.U. n.29 del 04.02.2008 Suppl. Ordinario n.30.

Per la progettazione strutturale questa azione è stata considerata attraverso un'Analisi Dinamica Modale, e quindi lineare (vedi capitolo 7).

Si fa riferimento a quanto previsto nel paragrafo 3.2 del DM 14 gennaio 2008.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO)
- Stato Limite di Danno (SLD)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

In particolare, per il fabbricato in titolo verrà fatto riferimento allo stato limite ultimo SLV che prevede una probabilità di superamento PVR = 10% dell'azione sismica di progetto.

Spettri di risposta

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha messo a disposizione un programma sperimentale "Spettri di risposta ver.1.0.3" che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

| | | | | | | | |
|--|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|--|
| SWS TM | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 10 di 49 | |

Coordinate: latitudine 46.0529° N

 longitudine 11.50.81° E

| <i>Classificazione del tipo di costruzione secondo [1], § 2.4.1</i> | | |
|---|---|-------------------------------|
| tipi di costruzione | | vita nominale V_N [anni] |
| 1 | opere provvisorie, provvisionali, strutture in fase costruttiva | ≤ 10 |
| 2 | opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale | ≥ 50 |
| 3 | grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica | ≥ 100 |

| <i>Valori del coefficiente d'uso secondo [1], § 2.4.3</i> | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|
| classe d'uso | I | II | III | IV |
| C_u | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

In accordo con il DM 14/01/2008 § 2.4 e 3.2 si avrà:

Tipo di costruzione 2 (opera ordinaria)

VN = 50 anni (vita attesa di servizio della struttura)

classe d'uso II

(costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali)

$c_u = 1.00$ (fattore di importanza della struttura)

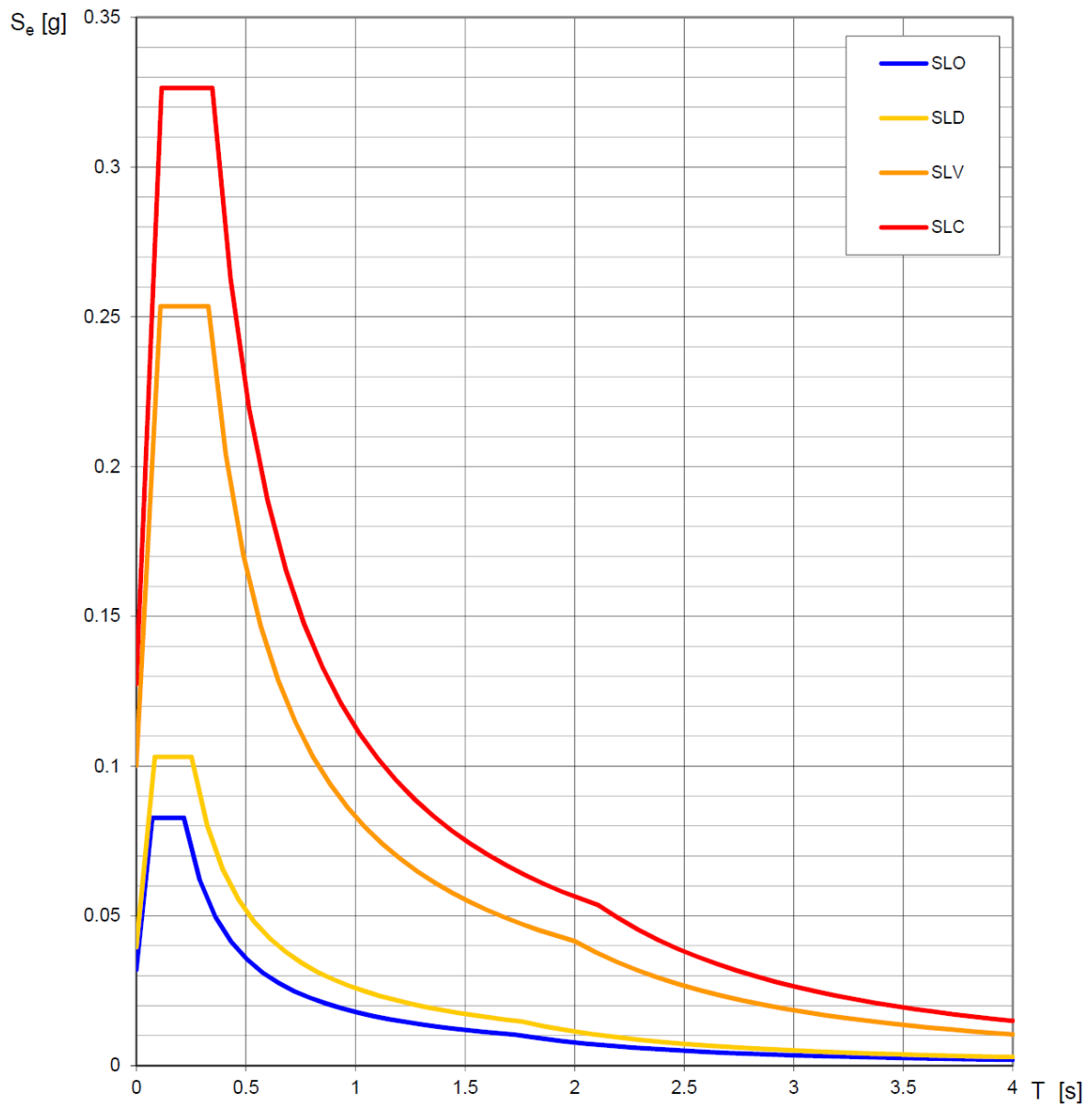
$v_r = V_N \times c_u = 50$ anni. periodo di riferimento

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 30 | 0.048 | 2.484 | 0.233 |
| SLD | 50 | 0.063 | 2.465 | 0.252 |
| SLV | 475 | 0.175 | 2.398 | 0.308 |
| SLC | 975 | 0.231 | 2.405 | 0.321 |

| | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|--|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 11 di 49</p> | |

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Categoria di sottosuolo B

categoria topografica: T2 pendii con inclinazione media > 15°

Classe di duttilità: CD "B" (in accordo con DM 14/01/2008 § 7.4.3.1)

Fattore di struttura (DM 14/01/2008 § 7.4.3.2):

Tipologia di struttura: telaio in c.a. $q = 1.50$

regolarità in altezza: si $KR = 1.0$

regolarità in pianta: med ($\alpha u/\alpha 1 = 1.0; 1.0$) = 1.00

| | | | | | | | |
|--|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|--|
| SWS TM | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 12 di 49 | |

q orizzontale = $K_R \times q_0 = 1.0 \times 1.50 \times 1.0 = 1.50$

q verticale = 1.50

Si è scelto di prendere per lo SLV un fattore $q = 1.00$ al fine di dimensionare l'edificio in campo elastico.

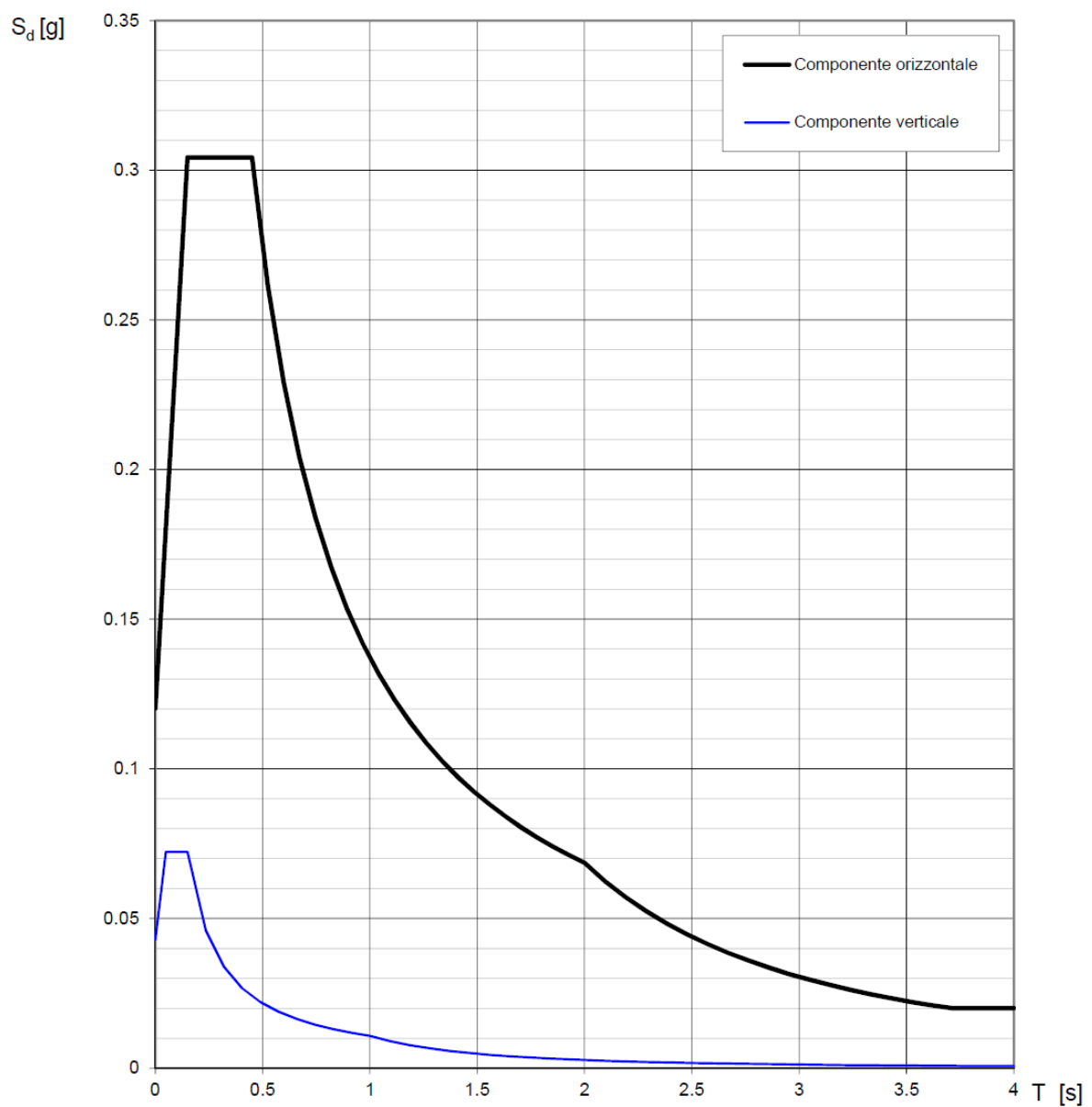
Per lo SLD si utilizzerà lo spettro elastico.

Le forze di progetto orizzontali e verticali devono essere calcolate in base alla risposta spettrale.

Si riportano in seguito parametri, punti e grafici degli spettri di risposta agli Stati Limite considerati.

Stato limite della vita

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



| | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|--|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 13 di 49</p> | |

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: **SLV**

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | |
|--------------|---------|
| a_g | 0.100 g |
| F_o | 2.532 |
| T_C^* | 0.328 s |
| S_S | 1.200 |
| C_C | 1.375 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.200 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.150 s |
| T_C | 0.451 s |
| T_D | 2.001 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.120 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.150 | 0.304 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.451 | 0.304 |
| | 0.525 | 0.261 |
| | 0.599 | 0.229 |
| | 0.672 | 0.204 |
| | 0.746 | 0.184 |
| | 0.820 | 0.167 |
| | 0.894 | 0.154 |
| | 0.967 | 0.142 |
| | 1.041 | 0.132 |
| | 1.115 | 0.123 |
| | 1.189 | 0.115 |
| | 1.263 | 0.109 |
| | 1.336 | 0.103 |
| | 1.410 | 0.097 |
| | 1.484 | 0.092 |
| | 1.558 | 0.088 |
| | 1.632 | 0.084 |
| | 1.705 | 0.080 |
| | 1.779 | 0.077 |
| | 1.853 | 0.074 |
| | 1.927 | 0.071 |
| $T_D \leftarrow$ | 2.001 | 0.069 |
| | 2.096 | 0.062 |
| | 2.191 | 0.057 |
| | 2.286 | 0.053 |
| | 2.381 | 0.048 |
| | 2.477 | 0.045 |
| | 2.572 | 0.041 |
| | 2.667 | 0.039 |
| | 2.762 | 0.036 |
| | 2.857 | 0.034 |
| | 2.953 | 0.031 |
| | 3.048 | 0.030 |
| | 3.143 | 0.028 |
| | 3.238 | 0.026 |
| | 3.334 | 0.025 |
| | 3.429 | 0.023 |
| | 3.524 | 0.022 |
| | 3.619 | 0.021 |
| | 3.714 | 0.020 |
| | 3.810 | 0.020 |
| | 3.905 | 0.020 |
| | 4.000 | 0.020 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> <div style="text-align: right;">  </div> | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 14 di 49</p> |

6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Le combinazioni delle azioni utilizzate sono quelle indicate dal NTC 2008, ovvero sono state considerate le combinazioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle verifiche. Si adotteranno perciò le combinazioni di seguito espresse.

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

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \gamma_{Q2} \times \psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma_{Q3} \times \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara) per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili da utilizzare nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \times Q_{k2} + \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE) per effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, per stati limite ultimi e di esercizio connessi alla azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali $G_1 + G_2 + \sum_j (\psi_{2j} \times Q_{kj})$

- Combinazione eccezionale per stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d :

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \dots$$

dove:

G_1 = valore caratteristico del peso proprio delle strutture, del peso del terreno e della pressione dell'acqua (se costante nel tempo)

G_2 = valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali

P = valore caratteristico delle azioni di precompressione

Q_{k1} = valore caratteristico della azione accidentale dominante per la combinazione considerata

Q_{ki} = valori caratteristici delle altre azioni accidentali tra loro indipendenti che possono agire contemporaneamente a quella dominante

E_k = valore caratteristico della sollecitazione derivante dai terremoti

A_k = valore caratteristico delle azioni eccezionali

- incendi
- esplosioni
- urti ed impatti

| | | | | | | |
|--|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|
| SWS TM | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 15 di 49 |

γ_G e γ_Q = coefficienti parziali per le azioni:

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

| | | Coefficiente γ_F | EQU | A1 STR | A2 GEO |
|---|-------------|----------------------------|-----|-----------|-----------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Q1} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

$\psi_{0,i}$ = coefficiente di combinazione allo stato limite ultimo che tiene conto probabilità della non simultaneità dei carichi accidentali;

$\psi_{1,i}$ = coefficiente atto a definire i valori delle azioni accidentali assimilabili ai frattili di ordine 0.95 delle distribuzioni dei valori istantanei

$\psi_{2,i}$ = coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni accidentali assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei

In caso di mancanza di informazioni adeguate sui coefficienti ψ , si potranno ad essi i seguenti valori (*in corsivo quelli adottati nei calcoli*):

| Carichi variabili nei fabbricati per: | Ψ_{0j} | Ψ_{1j} | Ψ_{2j} |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A Ambienti ad uso residenziale | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| Categoria B Uffici | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| <i>Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale</i> | <i>1.0</i> | <i>0.9</i> | <i>0.8</i> |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| Categoria H Coperture | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| <i>Vento</i> | <i>0.6</i> | <i>0.2</i> | <i>0.0</i> |
| <i>Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)</i> | <i>0.5</i> | <i>0.2</i> | <i>0.0</i> |
| <i>Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)</i> | <i>0.7</i> | <i>0.5</i> | <i>0.2</i> |
| Variazioni termiche | 0.6 | 0.5 | 0.0 |

Le combinazioni determinate per la modellazione sono state elaborate al fine di massimizzare gli effetti delle azioni sugli elementi strutturali.

| | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|--|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 16 di 49</p> | |

Con esse si sono individuati anche gli involuipi SLU, SLE e SISM.

Tabella 6-1: combinazioni SLU+SISMA

| | G1 | G2 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | E1 | E2 | E3 | E4 |
|--------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| cLCB1 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | | | | | | |
| cLCB2 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | | | | | |
| cLCB3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | |
| cLCB4 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | 0.9 | | | | | |
| cLCB5 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | | 0.9 | | | | |
| cLCB6 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | |
| cLCB7 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | | 1.5 | | | | |
| cLCB8 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | -0.9 | | | | | |
| cLCB9 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | | -0.9 | | | | |
| cLCB10 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | -1.5 | | | | | |
| cLCB11 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | | | -1.5 | | | | |
| cLCB12 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | 0.9 | | | | | |
| cLCB13 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | 0.9 | | | | |
| cLCB14 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | 1.5 | | | | | |
| cLCB15 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | 1.5 | | | | |
| cLCB16 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | -0.9 | | | | | |
| cLCB17 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | -0.9 | | | | |
| cLCB18 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | -1.5 | | | | | |
| cLCB19 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 0.75 | | -1.5 | | | | |
| cLCB20 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0.9 | | | | | |
| cLCB21 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 0.9 | | | | |
| cLCB22 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | 0.3 | 1 | 0.3 |
| cLCB23 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | 0.3 | -1 | -0.3 |
| cLCB24 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | -0.3 | 1 | -0.3 |
| cLCB25 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | -0.3 | -1 | 0.3 |
| cLCB26 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | 1 | 0.3 | 1 |
| cLCB27 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | 1 | -0.3 | -1 |
| cLCB28 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | 1 | -0.3 | 1 |
| cLCB29 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | 1 | 0.3 | -1 |
| cLCB30 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | 0.3 | 1 | -0.3 |
| cLCB31 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | 0.3 | -1 | 0.3 |
| cLCB32 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | -0.3 | 1 | 0.3 |
| cLCB33 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 1 | -0.3 | -1 | -0.3 |
| cLCB34 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | 1 | -0.3 | 1 |
| cLCB35 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | 1 | 0.3 | -1 |
| cLCB36 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | 1 | 0.3 | 1 |
| cLCB37 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | 1 | -0.3 | -1 |
| cLCB38 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | -0.3 | -1 | -0.3 |
| cLCB39 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | -0.3 | 1 | 0.3 |
| cLCB40 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | 0.3 | -1 | 0.3 |
| cLCB41 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | 0.3 | 1 | -0.3 |
| cLCB42 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | -1 | -0.3 | -1 |
| cLCB43 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | -1 | 0.3 | 1 |
| cLCB44 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | -1 | 0.3 | -1 |
| cLCB45 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | -1 | -0.3 | 1 |
| cLCB46 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | -0.3 | -1 | 0.3 |
| cLCB47 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | -0.3 | 1 | -0.3 |
| cLCB48 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | 0.3 | -1 | -0.3 |
| cLCB49 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -1 | 0.3 | 1 | 0.3 |
| cLCB50 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | -1 | 0.3 | -1 |
| cLCB51 | 1 | 1 | 0.8 | | | | -0.3 | -1 | -0.3 | 1 |
| cLCB52 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | -1 | -0.3 | -1 |
| cLCB53 | 1 | 1 | 0.8 | | | | 0.3 | -1 | 0.3 | 1 |

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> <div style="text-align: right;">  </div> | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 17 di 49</p> |

Tabella 6-2: combinazioni SLE

| | G1 | G2 | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | E1 | E2 | E3 | E4 |
|--------|----|----|-----|-----|------|------|----|----|----|----|
| cLCB54 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| cLCB55 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | |
| cLCB56 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| cLCB57 | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | | |
| cLCB58 | 1 | 1 | 1 | | | 0.6 | | | | |
| cLCB59 | 1 | 1 | 1 | | -0.6 | | | | | |
| cLCB60 | 1 | 1 | 1 | | | -0.6 | | | | |
| cLCB61 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | |
| cLCB62 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | | |
| cLCB63 | 1 | 1 | 1 | | -1 | | | | | |
| cLCB64 | 1 | 1 | 1 | | | -1 | | | | |
| cLCB65 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | |
| cLCB66 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | | 0.6 | | | | |
| cLCB67 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | -0.6 | | | | | |
| cLCB68 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | | -0.6 | | | | |
| cLCB69 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | | | |
| cLCB70 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | | 1 | | | | |
| cLCB71 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | -1 | | | | | |
| cLCB72 | 1 | 1 | 1 | 0.5 | | -1 | | | | |
| cLCB73 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | |
| cLCB74 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | |
| cLCB75 | 1 | 1 | 1 | 1 | -0.6 | | | | | |
| cLCB76 | 1 | 1 | 1 | 1 | | -0.6 | | | | |
| cLCB77 | 1 | 1 | 0.9 | | | | | | | |
| cLCB78 | 1 | 1 | 0.8 | 0.2 | | | | | | |
| cLCB79 | 1 | 1 | 0.8 | | 0.2 | | | | | |
| cLCB80 | 1 | 1 | 0.8 | | | 0.2 | | | | |
| cLCB81 | 1 | 1 | 0.8 | | -0.2 | | | | | |
| cLCB82 | 1 | 1 | 0.8 | | | -0.2 | | | | |
| cLCB83 | 1 | 1 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | | | | | |
| cLCB84 | 1 | 1 | 0.8 | 0.2 | | 0.2 | | | | |
| cLCB85 | 1 | 1 | 0.8 | 0.2 | -0.2 | | | | | |
| cLCB86 | 1 | 1 | 0.8 | 0.2 | | -0.2 | | | | |
| cLCB87 | 1 | 1 | 0.8 | | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 18 di 49</p> |

7. METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Il calcolo delle sollecitazioni segue i principi della scienza delle costruzioni.

I criteri di verifica e il metodo adottato per il calcolo è quello semiprobabilistico agli stati limite.

L'analisi sismica implementata è quella dinamica modale con spettro di risposta.

L'edificio viene progettato senza la "gerarchia delle resistenze" in quanto:

- è in classe di duttilità "B";
- viene calcolato in campo elastico ($q=1,00$).

7.1. SCHEMA STATICO

Lo schema statico adottato è quello di telaio in c.a. con continuità strutturale nei nodi.

7.1. VINCOLI

Per rappresentare il vincolo offerto dal terreno si utilizzano molle elastiche lineari alla Winkler al di sotto delle trave rovesce di fondazione e dei cordoli, aventi rigidezza pari a:

$$k_v = 20\,000 \text{ kN/m}^3 \quad k_h = 0.40 k_v = 8\,000 \text{ kN/m}^3$$

7.2. DIAGRAMMI COSTITUTIVI DEI MATERIALI

Per la valutazione della resistenza ultima delle sezioni di elementi monodimensionali nei confronti di sforzo normale e flessione, si adotteranno le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;
- deformazione iniziale dell'armatura di precompressione considerata nelle relazioni di congruenza della sezione.

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura si dedurranno, a partire dalle deformazioni, utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

| | | | | | | |
|---|---|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|
|  | <div style="text-align: center;"> CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE PROGETTO ESECUTIVO </div> <div style="text-align: right;">  </div> | | | | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 19 di 49 |

4.1.2.1.2.2 Diagrammi di calcolo tensione-deformazione del calcestruzzo

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base alla resistenza di calcolo f_{cd} ed alla deformazione ultima ϵ_{cu} .

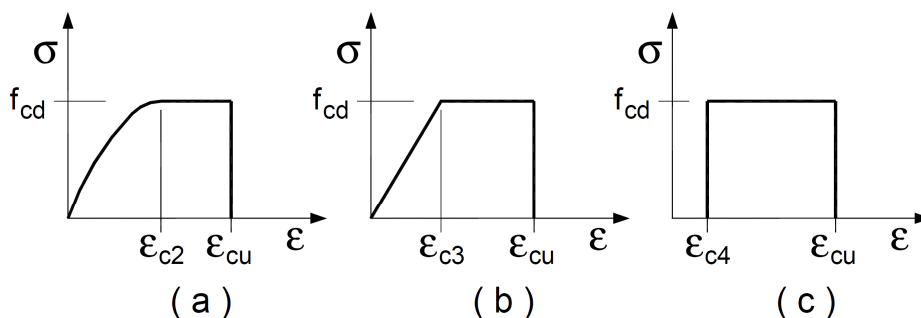


Figura 4.1.1 – Modelli σ - ϵ per il calcestruzzo

In Fig. 4.1.1 sono rappresentati i modelli σ - ϵ per il calcestruzzo: (a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo; (c) rettangolo (stress block). In particolare, per le classi di resistenza pari o inferiore a C50/60 si può porre:

$$\begin{aligned}\epsilon_{c2} &= 0,20\% & \epsilon_{cu} &= 0,35\% \\ \epsilon_{c3} &= 0,175\% & \epsilon_{c4} &= 0,07\%\end{aligned}$$

Per le classi di resistenza superiore a C50/60 si può porre:

$$\begin{aligned}\epsilon_{c2} &= 0,20\% + 0,0085\%(f_{ck} - 50)^{0,53} & \epsilon_{cu} &= 0,26\% + 3,5\%[(90 - f_{ck})/100]^4 \\ \epsilon_{c3} &= 0,175\% + 0,055\%[(f_{ck} - 50)/40] & \epsilon_{c4} &= 0,2 \cdot \epsilon_{cu}\end{aligned}$$

purché si adottino opportune limitazioni quando si usa il modello (c).

Per sezioni o parti di sezioni soggette a distribuzioni di tensione di compressione approssimativamente uniformi, si assume per la deformazione ultima a rottura il valore ϵ_{c2} anziché ϵ_{cu} .

4.1.2.1.2.3 Diagrammi di calcolo tensione-deformazione dell'acciaio

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base al valore di calcolo $\epsilon_{ud} = 0,9\epsilon_{uk}$ ($\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$) della deformazione uniforme ultima, al valore di calcolo della tensione di snervamento f_{yd} ed al rapporto di sovrarresistenza $k = (f_t / f_y)_k$ (Tab. 11.3.Ia-b).

In Fig. 4.1.2 sono rappresentati i modelli σ - ϵ per l'acciaio: (a) bilineare finito con incrudimento; (b) elastico-perfettamente plastico indefinito.

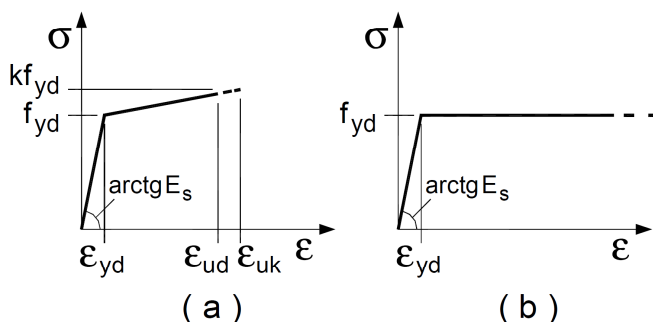


Figura 4.1.2– Modelli σ - ϵ per l'acciaio

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 20 di 49</p> |

8. SOFTWARE UTILIZATO E MODELLO DI CALCOLO

8.1. DESCRIZIONE DEL SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO

Il programma Midas GEN 2013 è un software di calcolo agli elementi finiti di tipo generico. Esso permette la modellazione mono, bi e tridimensionale di modelli numerici basati su database di tipologie di elementi, materiali e conseguenti sezioni di calcolo nonché condizioni di vincolo e di carico applicabili in campo ingegneristico per l'analisi virtuale del comportamento strutturale considerato.

Le analisi che possono essere condotte si possono riassumere in: analisi elastico lineare, calcolo degli autovalori e autovettori, analisi spettrale, time history lineare e non lineare, P-Delta, buckling, carichi mobili, cedimenti, pushover, non linearità geometrica e non linearità del materiale, analisi di simulazione costruzione per fasi in ambito lineare e non lineare, calore di idratazione, pre e post compressione, analisi statica di sezioni composite, adeguamento passo passo delle condizioni di vincolo. Tali analisi possono tra loro essere combinate simultaneamente o meno a seconda del caso considerato.

Sono disponibili i seguenti elementi finiti per la discretizzazione del modello strutturale di volta in volta inserito: elementi reagenti a sola compressione e/o trazione, elementi resistenti a sola trazione, elementi che seguono la legge di Hook, elementi fune, elementi resistenti a sola compressione, elementi a comportamento rigido plastico, elementi trave generici a sezione qualsiasi e variabile lungo l'asse di sviluppo dell'elemento stesso, elementi plate membranali e non, elementi in stato piano di tensione, elementi tridimensionali, elementi "muri" membranali e non (estensione del modello plate), elementi in stato piano di deformazione, elementi in assialsimmetria. Non tutti gli elementi possono essere impiegati con le analisi che si possono condurre precedentemente descritte.

I materiali e le sezioni che possono essere impiegati sono di seguito riportati: materiale elastico, materiale non lineare in funzione del tempo, sezioni composite calcestruzzo – acciaio, sezioni composite precomprese, sezioni composite generiche, sezioni composite, variabili lungo l'asse di sviluppo dell'elemento considerato, sezioni a spessore assegnato e di rigidità assegnata. Anche in questo caso non tutti i materiali e/o sezioni possono essere impiegati simultaneamente con le analisi che si possono condurre precedentemente descritte.

| | | | | | | |
|--|---|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|
| SWS TM | <div style="text-align: center;"> CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE PROGETTO ESECUTIVO </div> <div style="text-align: right;">  </div> | | | | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 21 di 49 |

8.2. ORIENTAMENTO E CONVENZIONE DI SEGNO DEGLI ELEMENTI

Si riportano nel seguito le convenzioni di segno e orientamento dei principali elementi FEM utilizzati:

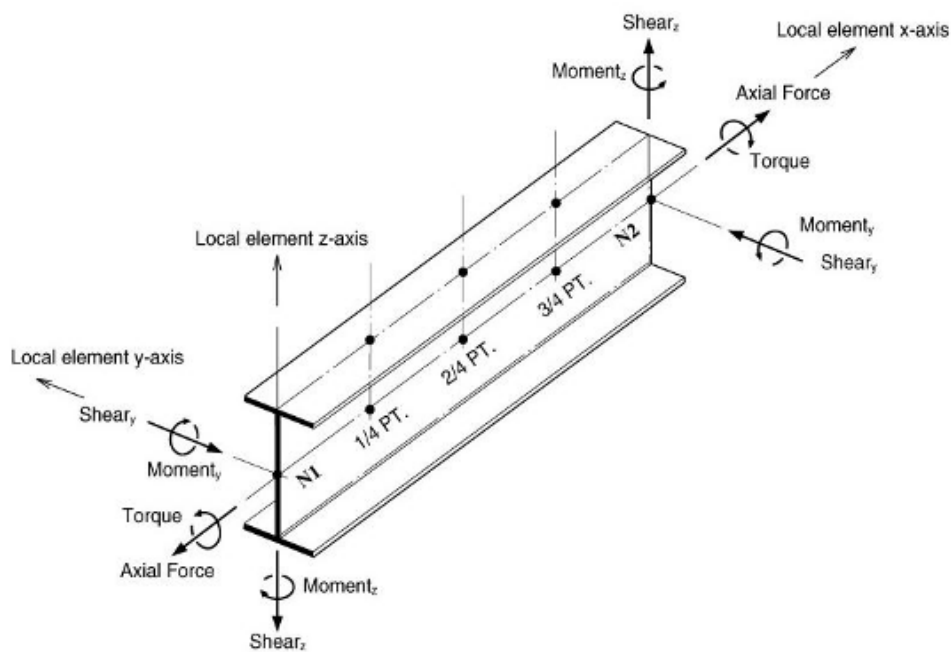


Figura 8-1 orientamento e convenzioni di segno per elementi beam

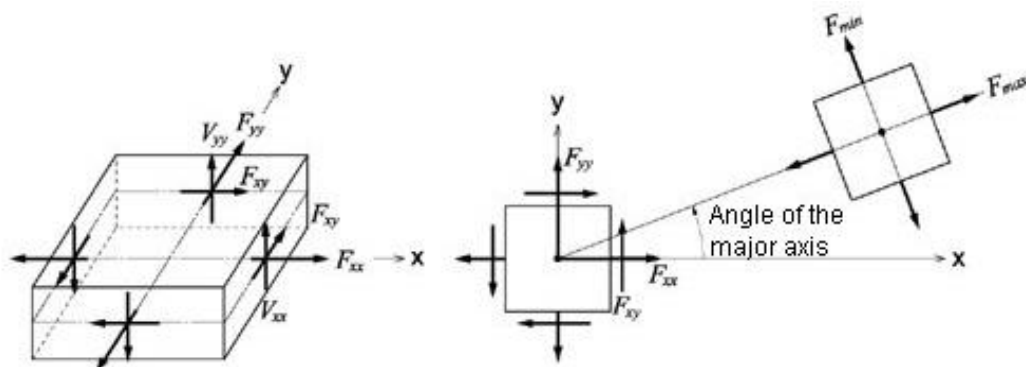


Figura 8-2 forze per unità di lunghezza negli elementi plate

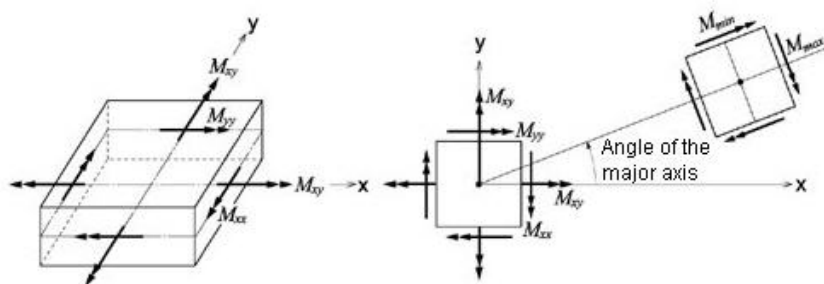
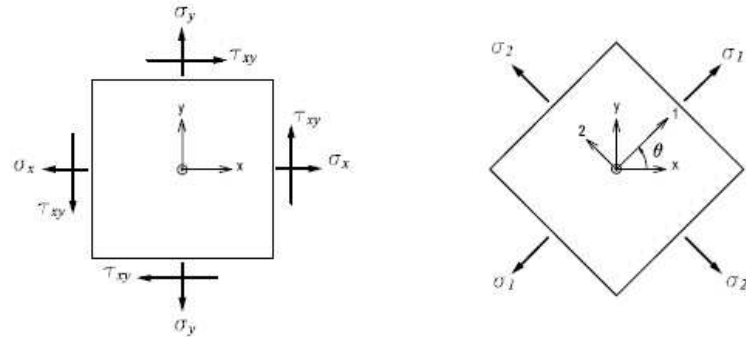


Figura 8-3 momenti per unità di lunghezza negli elementi plate

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 22 di 49</div> |

(a) Output locations of element stresses



σ_x : Axial stress in the ECS x - direction

σ_y : Axial stress in the ECS y - direction

τ_{xy} : Shear stress in the ECS x - y plane

$$\sigma_1 : \text{Maximum principal stress} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 : \text{Minimum principal stress} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tau_{xy} : \text{Maximum shear stress} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

θ : Angle between the x - axis and the principal axis, 1

$$\sigma_{eff} : \text{von - Mises Stress} = \sqrt{(\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2)}$$

(b) Sign convention for plate element stresses

Figura 8-4 convenzioni per le tensioni negli elementi plate.

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 23 di 49</div> |

8.3. DESCRIZIONE ED ELEMENTI DEL MODELLO DI CALCOLO

Si riportano screenshots dal programma di calcolo del modello realizzato:

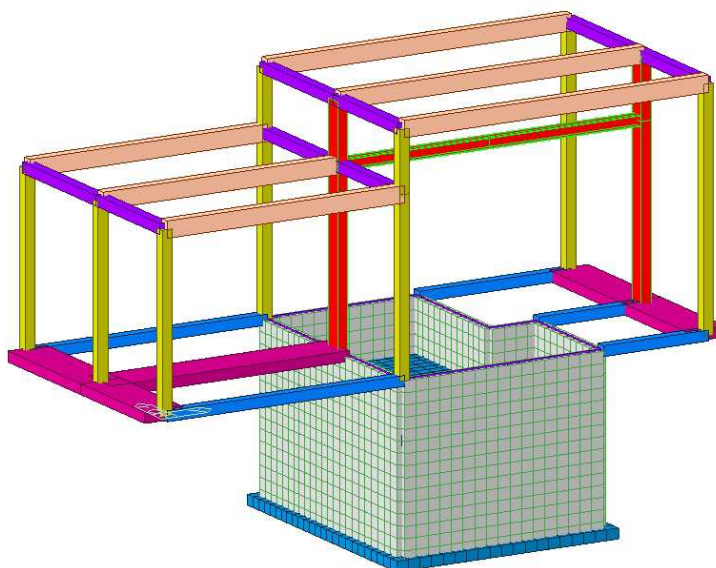


Figura 8-5 vista 1 modello 3D FEM.

I diversi colori rappresentano diverse sezioni.

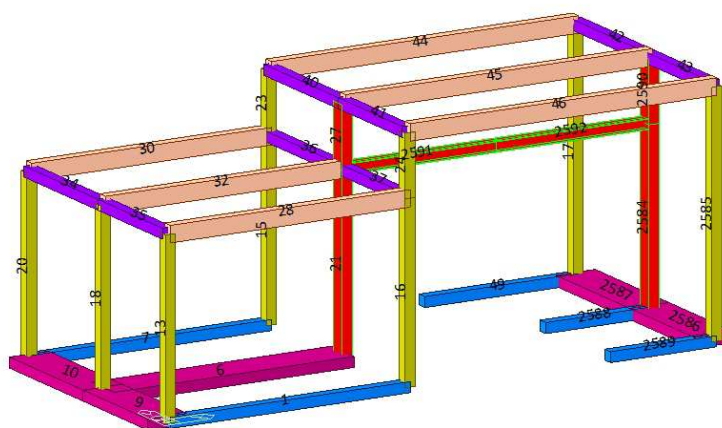


Figura 8-6 numerazione aste ("beam").

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 24 di 49</div> |

9. RISULTATI

Si riportano nel seguito gli screenshots del programma di calcolo relativamente ai massimi valori delle sollecitazioni SLU+SISM, ricavate tra tutte le combinazioni di calcolo, ovvero gli involuপি, e delle deformate agli SLE.

9.1. SOLLECITAZIONI SLU+SISM

Elementi Beam travi e colonne

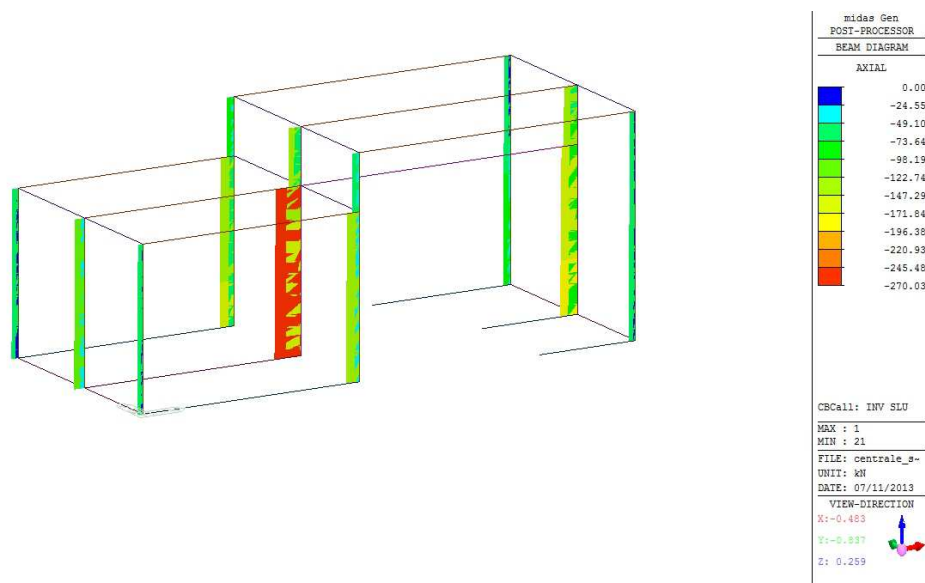


Figura 9-1 sforzo assiale.

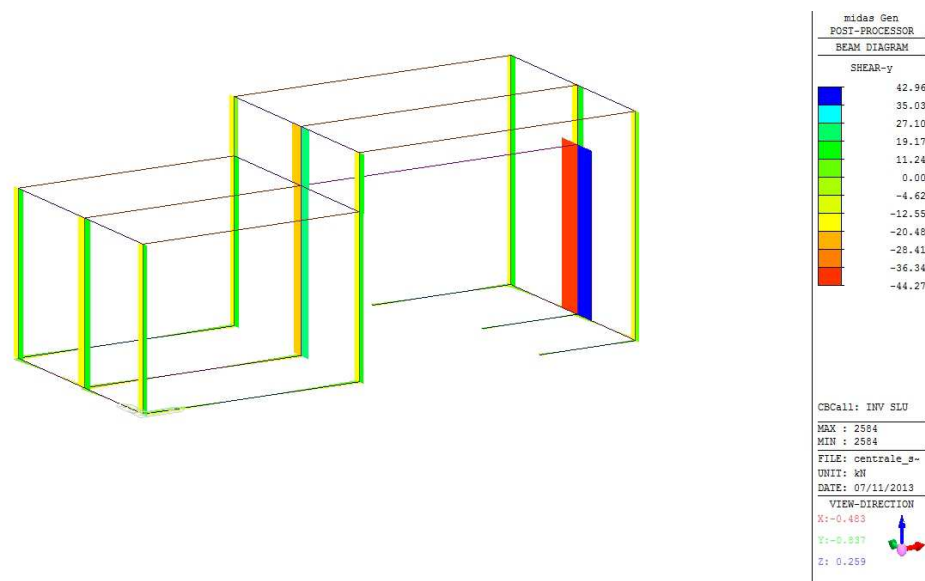


Figura 9-2 taglio in y.

| | | | | | | | |
|--|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|--|
| SWS TM | CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE | | | | | |  |
| | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 25 di 49 | |

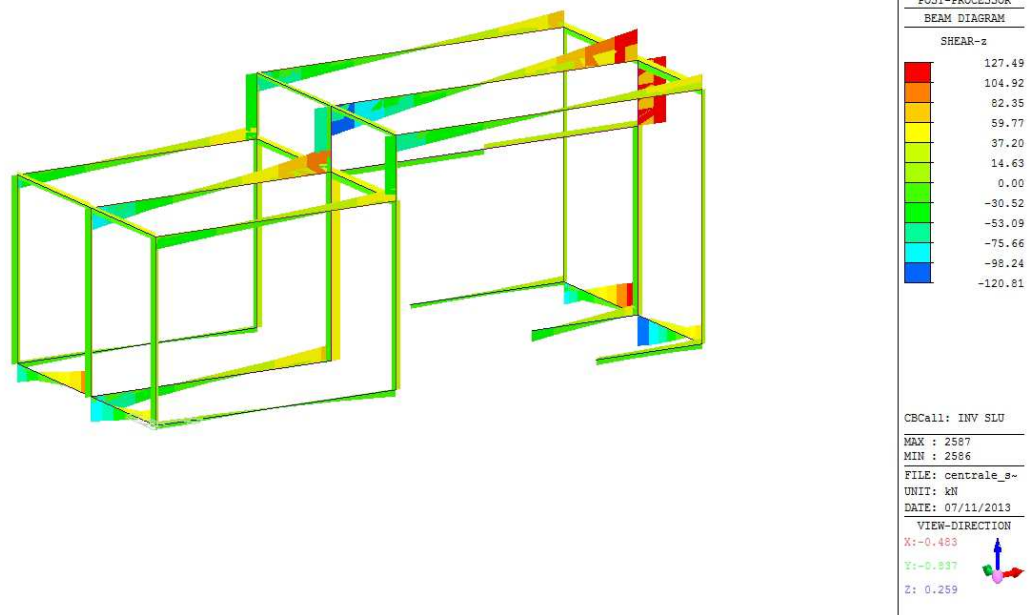


Figura 9-3 taglio in z.

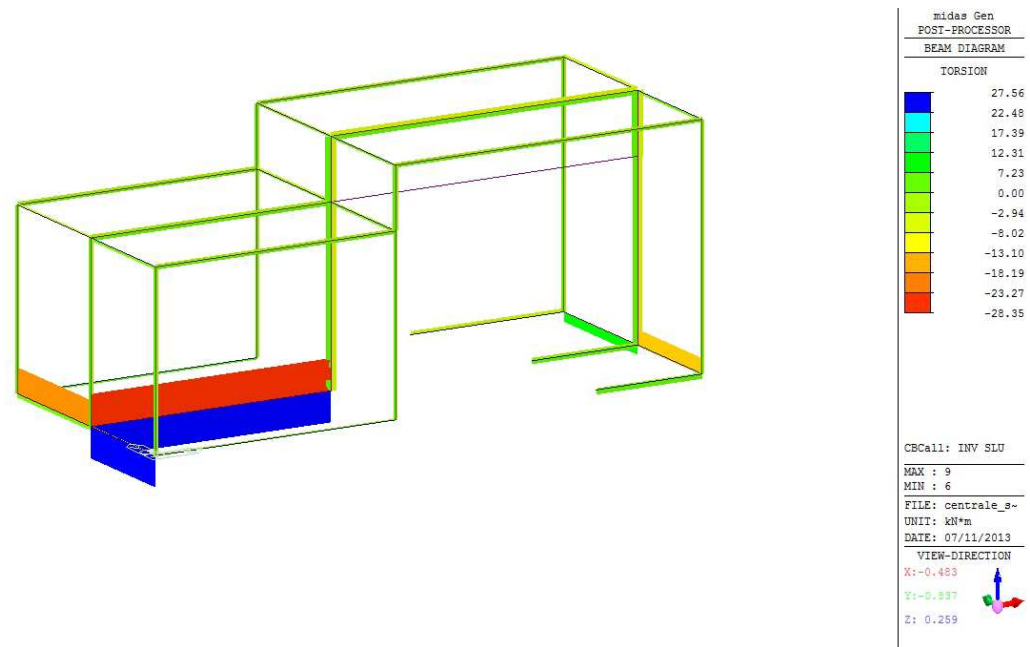


Figura 9-4 Momento torcente.

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 26 di 49</div> |

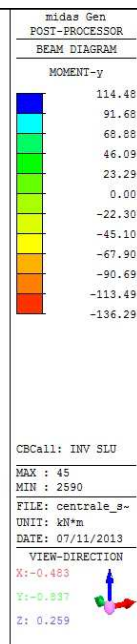
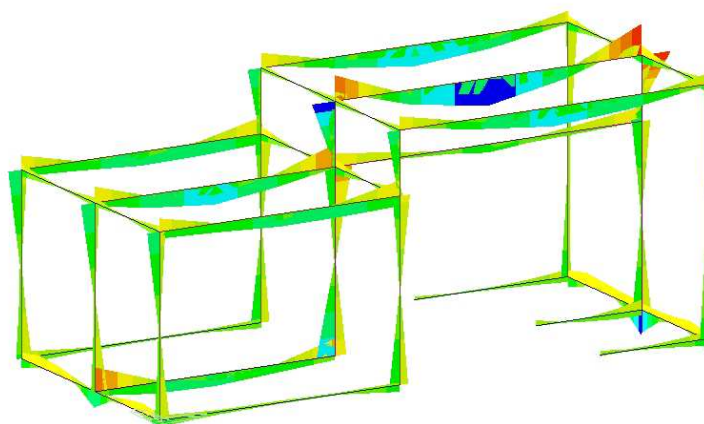


Figura 9-5 Momento flettente in y.

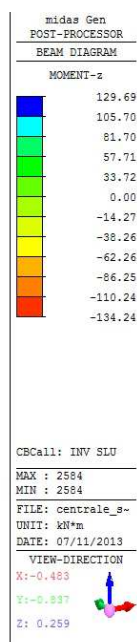
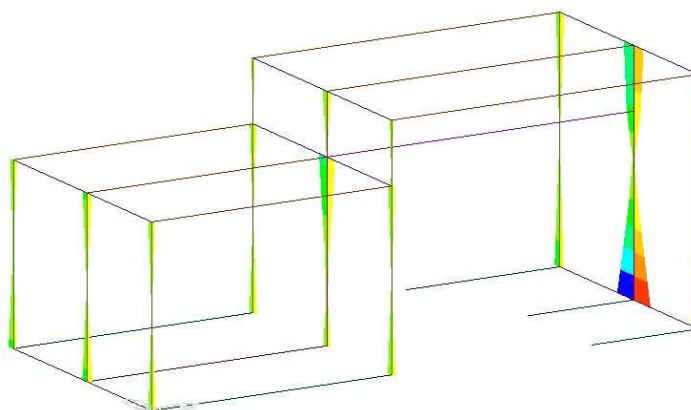


Figura 9-6 Momento flettente in z.

| | | | | | | |
|---|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|--|
|  | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 27 di 49 |

Elementi Plate (muri, soletta e platea)

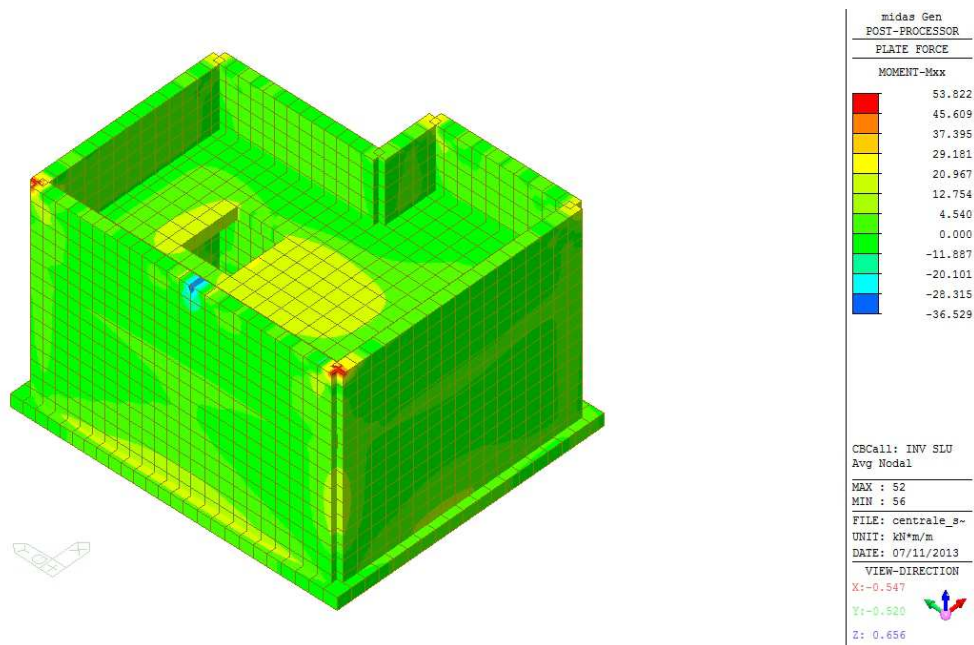


Figura 9-7 momento flettente Mxx.

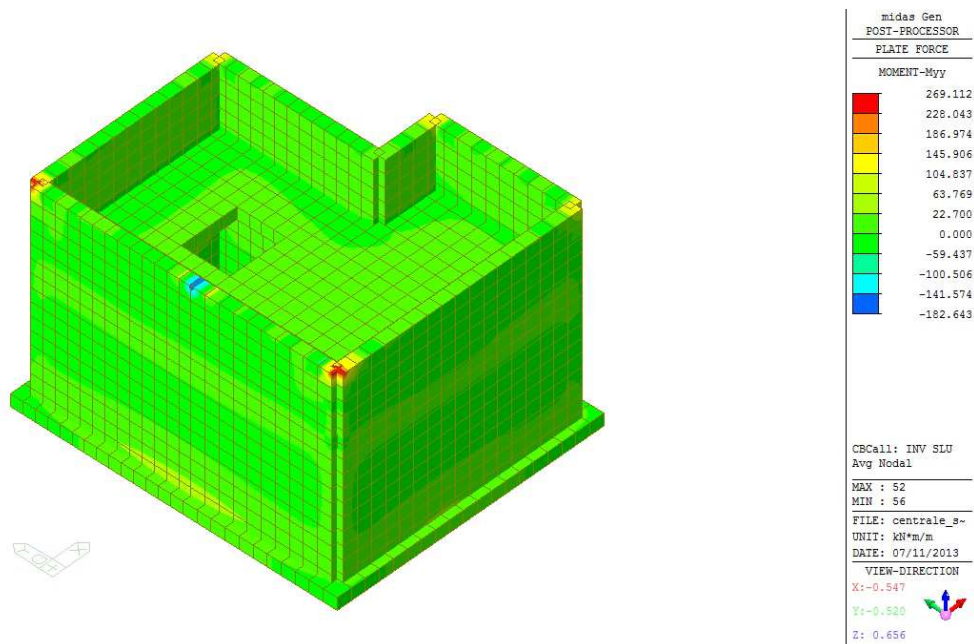
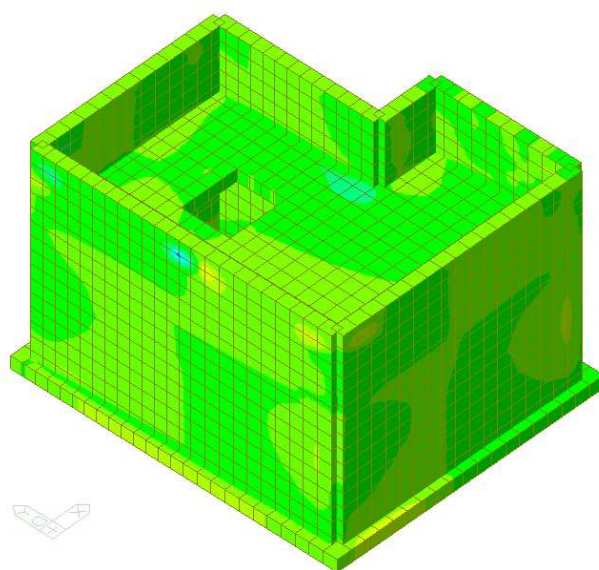


Figura 9-8 momento flettente Myy.

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 28 di 49</div> |

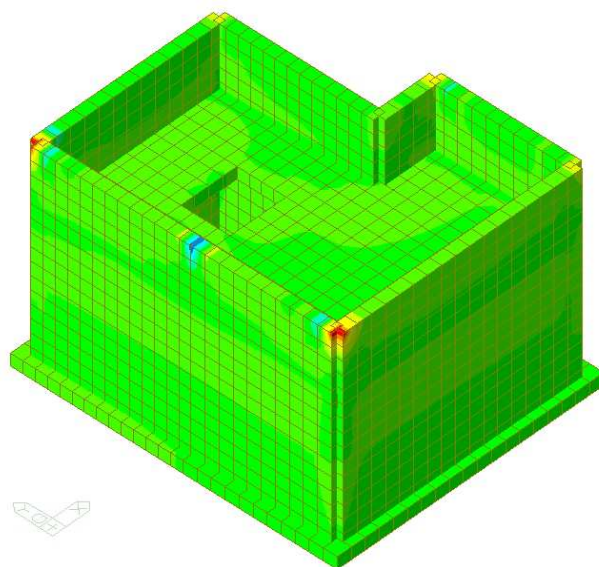


midas Gen
POST-PROCESSOR
PLATE FORCE
SHEAR-Vxx

| |
|----------|
| 86.897 |
| 66.430 |
| 45.963 |
| 25.496 |
| 0.000 |
| -15.438 |
| -35.905 |
| -56.372 |
| -76.839 |
| -97.306 |
| -117.773 |
| -138.240 |

CBCall: INV SLU
Avg Nodal
MAX : 63
MIN : 74
FILE: centrale_g-
UNIT: kN/m
DATE: 07/11/2013
VIEW-DIRECTION
X:-0.547
Y:-0.520
Z: 0.656

Figura 9-9 taglio Vxx.



midas Gen
POST-PROCESSOR
PLATE FORCE
SHEAR-Vyy

| |
|----------|
| 885.972 |
| 759.570 |
| 633.168 |
| 506.765 |
| 380.363 |
| 253.961 |
| 127.559 |
| 0.000 |
| -125.246 |
| -251.648 |
| -378.050 |
| -504.452 |

CBCall: INV SLU
Avg Nodal
MAX : 52
MIN : 56
FILE: centrale_g-
UNIT: kN/m
DATE: 07/11/2013
VIEW-DIRECTION
X:-0.547
Y:-0.520
Z: 0.656

Figura 9-10 taglio Vyy.

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 29 di 49</div> |

9.2. DEFORMAZIONI - SPOSTAMENTI

Combinazioni SLE

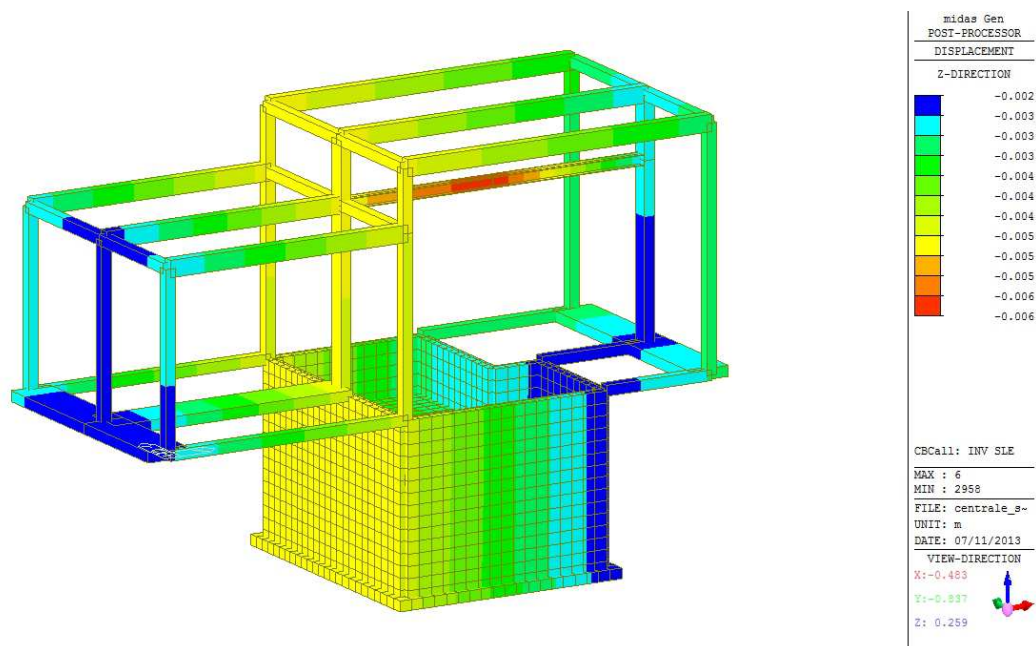


Figura 9-11. Deformazioni in direzione Z.

Modi di vibrare

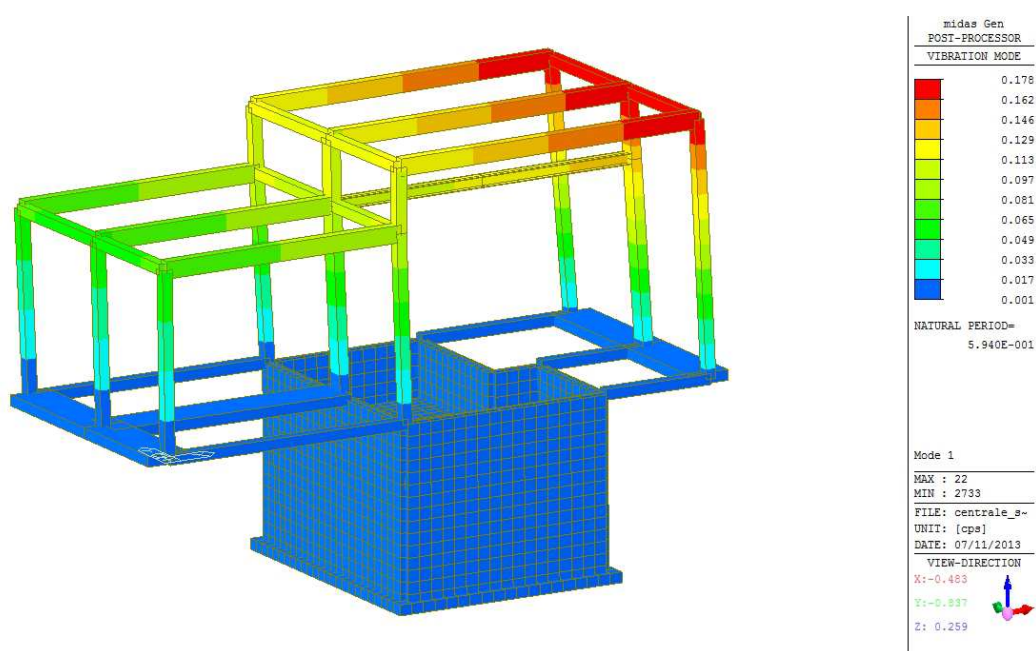
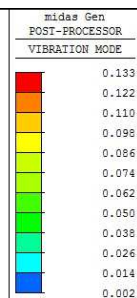
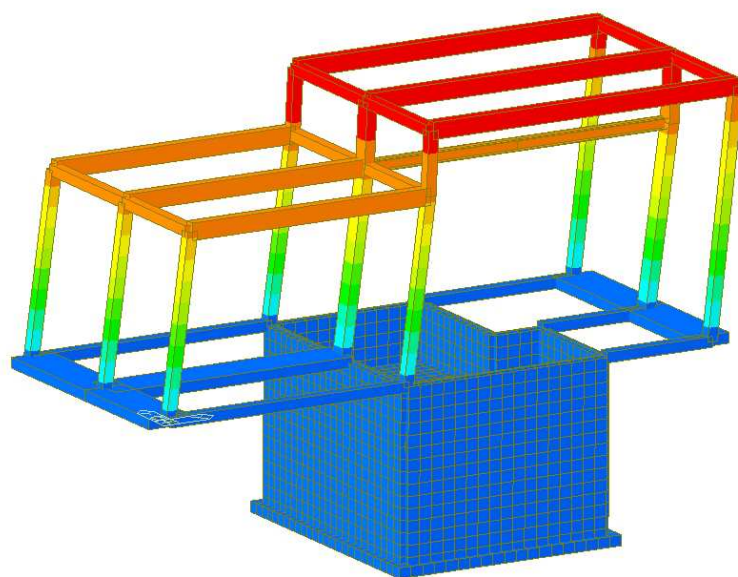


Figura 9-12 modo 1.

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 30 di 49</div> |



NATURAL PERIOD=
5.812E-001

Mode 2

MAX : 22
MIN : 2775

FILE: centrale_s-
UNIT: [cps]
DATE: 07/11/2013

VIEW-DIRECTION
X: -0.483
Y: -0.837
Z: 0.259


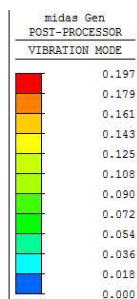
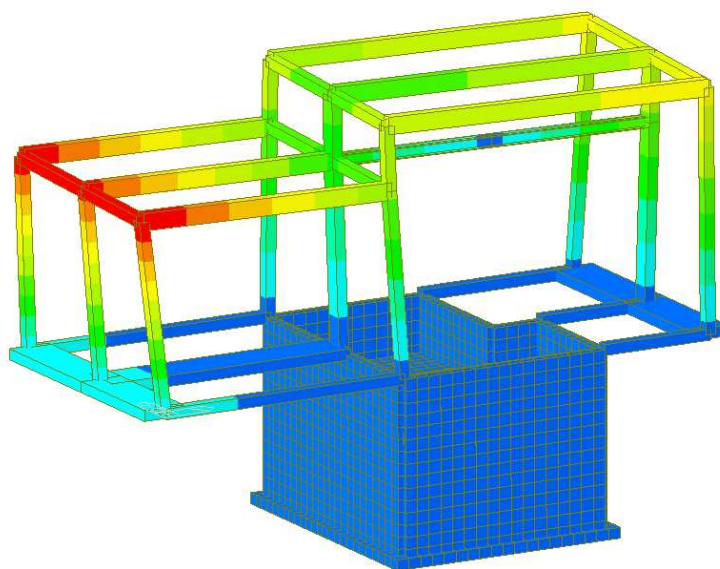


Figura 9-13 modo 2.



NATURAL PERIOD=
4.899E-001

Mode 3

MAX : 10
MIN : 43

FILE: centrale_s-
UNIT: [cps]
DATE: 07/11/2013

VIEW-DIRECTION
X: -0.483
Y: -0.837
Z: 0.259




Figura 9-14 modo 3.

| | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|--|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 31 di 49</p> | |

Tabella 9-1: periodi propri e masse partecipanti

| Node | Mode | UX | | UY | | UZ | | RX | | RY | | RZ | |
|-------------------------------------|------|-----------|-------------|---------|----------|-----------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| EIGENVALUE ANALYSIS | | | | | | | | | | | | | |
| | Mode | Frequency | | Period | | Tolerance | | | | | | | |
| | No | (rad/sec) | (cycle/sec) | (sec) | | | | | | | | | |
| | 1 | 10.578 | 1.6835 | 0.594 | 6.17E-28 | | | | | | | | |
| | 2 | 10.8102 | 1.7205 | 0.5812 | 6.17E-28 | | | | | | | | |
| | 3 | 12.8252 | 2.0412 | 0.4899 | 6.17E-28 | | | | | | | | |
| | 4 | 63.3634 | 10.0846 | 0.0992 | 6.17E-28 | | | | | | | | |
| | 5 | 67.2713 | 10.7066 | 0.0934 | 6.17E-28 | | | | | | | | |
| | 6 | 104.4716 | 16.6272 | 0.0601 | 6.17E-28 | | | | | | | | |
| MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT | | | | | | | | | | | | | |
| | Mode | TRAN-X | | TRAN-Y | | TRAN-Z | | ROTN-X | | ROTN-Y | | ROTN-Z | |
| | No | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%) |
| | 1 | 0.0 | 0.0 | 87.8 | 87.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.6 | 11.6 |
| | 2 | 99.4 | 99.4 | 0.0 | 87.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 11.8 |
| | 3 | 0.2 | 99.7 | 11.8 | 99.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 87.4 | 99.2 |
| | 4 | 0.0 | 99.7 | 0.0 | 99.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 99.7 |
| | 5 | 0.3 | 100.0 | 0.0 | 99.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 99.7 |
| | 6 | 0.0 | 100.0 | 0.4 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 100.0 |
| | Mode | TRAN-X | | TRAN-Y | | TRAN-Z | | ROTN-X | | ROTN-Y | | ROTN-Z | |
| | No | MASS | SUM | MASS | SUM | MASS | SUM | MASS | SUM | MASS | SUM | MASS | SUM |
| | 1 | 0.0 | 0.0 | 57.8 | 57.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 220.4 | 220.4 |
| | 2 | 65.4 | 65.4 | 0.0 | 57.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.2 | 224.7 |
| | 3 | 0.2 | 65.6 | 7.8 | 65.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1660.2 | 1884.9 |
| | 4 | 0.0 | 65.6 | 0.0 | 65.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.1 | 1894.0 |
| | 5 | 0.2 | 65.8 | 0.0 | 65.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 1894.2 |
| | 6 | 0.0 | 65.8 | 0.3 | 65.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 1899.2 |

Il primo periodo della struttura è 0.594 sec, tipico di una struttura modesta a telaio in c.a di 1 piano; a controprova si calcola infatti il primo periodo proprio mediante la formula (7.3.5) delle NTC08:

$$T_1 = C_1 H^{3/4} = 0.30 \text{ sec}$$

dove C_1 0.075 costruzioni a telaio in calcestruzzo

H 6.00 m altezza della costruzione in metri dal piano di fondazione

Inoltre la massa partecipante in direzione X e in direzione Y supera la soglia dell'85% fissata da normativa (vedi § 7.3.3.1 delle NTC08).

10. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

10.1. DETTAGLI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI SLU+SISM

Gli elementi strutturali vengono verificati secondo quanto riportato al paragrafo § 4.1.2.1 delle NTC08, considerando le combinazioni SLU+SISM, secondo gli effetti che forniscono le sollecitazioni più sfavorevoli.

Per rapporto di verifica si intende il rapporto tra il valore della sollecitazione indicato col pedice Ed e il valore resistente indicato col pedice Rd .

Per le verifiche si utilizzerà il post-processore di Midas Gen, riportando tabella riassuntiva e, per ogni sezione, report di calcolo dell'elemento più sollecitato. In tale report la disposizione grafica dei ferri d'armatura è puramente indicativa. Nella verifica a taglio nel caso in cui il contributo resistente della sola sezione in calcestruzzo (V_{Rdc}) è sufficiente a verificare lo sforzo di taglio senza il contributo delle staffe

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 32 di 49</p> |

(V_{Rds}), verrà riportato il rapporto di verifica V_{Ed} / V_{Rdc} .

Per alcuni casi verrà effettuata la verifica col programma VCaSlu dell'ing.P.Gelfi per la pressoflessione, e con un foglio di calcolo excel di produzione interna per il taglio.

Il copriferro netto è posto sempre pari a 3,0 cm, quello di calcolo a 5,0 cm.

Le aree di acciaio calcolate e verificate vengono considerate come valore minimo di ferro da porre sugli elementi.

Per ogni dettaglio relativo a carpenteria e armatura delle strutture si rimanda alle tavole di progetto.

Legenda dei simboli e delle sigle utilizzate nelle verifiche strutturali

Si riporta in dettaglio il significato di simboli e sigle riportate nell'output di design del programma di calcolo per la verifica degli elementi strutturali.

Legenda verifica elementi beam (travi)

Memb: numero dell'elemento

PROP: numero della sezione

Span: Lunghezza elemento

Sezione: nome sezione

Bc, Hc: larghezza, altezza (profondità) dell'elemento

bf, hf: larghezza, spessore della flangia di forma a T sezione

f'c: resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo

fy: valore a snervamento delle armature principali

fys: valore a snervamento delle armature a taglio

POS: verifica posizioni estremità e campata (I, M, J)

I risultati della progettazione per M riportano la verifica dei massimi valori per i momenti negativi e positivi e forze di taglio a 1/4, 1/2 e 3/4 dell'elemento.

CHK: Status dei risultati della verifica di resistenza

= "**OK**": risultati della verifica di resistenza soddisfatta: la resistenza di progetto per il momento negativo, momento positivo e taglio

= "**N ****": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per il momento negativo

= "*** P ***": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per il momento positivo

= "**** V**": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per la forza di taglio

= "*** NP**": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per i momenti negativi e positivi

= "*** PV**": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per il momento positivo e la forza di taglio

= "**N * V**": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per il momento negativo e la forza di taglio

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 33 di 49</p> |

= "**NPV**": risultati della verifica di resistenza non soddisfano la resistenza di progetto per il momento negativo, momento positivo e taglio

AsTop: area in acciaio delle armature superiori principali

AsBot: area in acciaio delle armature inferiori principali

N (-) Mu, LCB: massimo momento negativo che si verifica nell'elemento o nella sezione e la corrispondente combinazione di carico.

N (-) phiMn: massimo momento negativo di progetto calcolato per le dimensioni e la disposizione data dell'armatura nella trave

Rat-N: rapporto momento negativo sollecitante / momento negativo resistente, in rosso se si supera 1,0

P (+) Mu, LCB: massimo momento positivo che si verifica nell'elemento o sezione e corrispondente combinazione di carico.

P (+) phiMn: massimo momento positivo di progetto calcolato per le dimensioni della sezione dati e il posizionamento delle armature nella trave.

Rat-P: rapporto momento positivo sollecitante / momento positivo di resistenza di progetto, in rosso se si supera 1,0

Vu, LCB: massima forza di taglio scomposto che si verifica nell'elemento e la combinazione di carico corrispondente.

phiVc: resistenza al taglio di progettazione del calcestruzzo per l'elemento

Legenda verifica elementi colonna (pilastri)

Memb : numero dell'elemento

SEZ : Sezione numero di proprietà

Sezione : nome sezione

Bc, Hc : larghezza, altezza (profondità) di membro di colonna

bf, hf : larghezza, spessore della flangia di forma a T sezione

f'c : resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo

fy : Progettazione di snervamento delle armature principali

fys : Progettazione di snervamento delle armature a taglio

CHK : Status dei risultati della progettazione automatica

= "**OK**" : risultati soddisfano la resistenza di progetto per la forza assiale, momento e la forza di taglio

= "**P ****" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per la forza assiale

= "*** M ***" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per il momento

= "**** V**" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per la forza di taglio

= "**PM ***" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per la forza assiale e momento

= "*** MV**" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per il momento e la forza di taglio

= "**P * V**" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per la forza assiale e forza di taglio

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 34 di 49</p> |

= "PMV" : risultati non soddisfano la resistenza di progetto per la forza assiale, momento e la forza di taglio

LCB : combinazione di carico dando il massimo rapporto di carico determinato dal diagramma PM. Il programma prende in esame tutte le combinazioni di carico e le posizioni dell'elemento in questione per trovare il massimo rapporto.

Pu : compressione (tensione) forza che agisce sul membro di colonna sotto la combinazione di carico visualizzato in LCB

= **Pu > 0** : forza di compressione assiale che agisce in direzione assiale dell'elemento

= **Pu < 0** : la forza assiale di trazione che agisce in direzione assiale dell'elemento

Rat-P : rapporto tra la forza assiale (Pu) e la forza assiale di progetto (ΦP_n). Il rapporto più grande di 1,0 significa che la resistenza di progetto non è soddisfacente, anche se la quantità armatura viene aumentata per il rapporto di armatura massima o l'armatura minima.

Mu : momento flettente nell'elemento colonna sotto la combinazione di carico affissa in LCB. Il valore viene calcolato come segue:

$$\begin{aligned}
 M_u & (= M_c) \\
 &= \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \\
 &= \sqrt{M_y^2 + M_x^2}
 \end{aligned}$$

Rat-M : Rapporto del momento flettente (Mc) per la resistenza alla flessione momento di progetto (ΦM_n). Il rapporto maggiore di 1,0 significa che la resistenza di progetto è insoddisfacente, anche se la quantità armatura viene aumentato al massimo rapporto di armatura.

Ast : La quantità di armature principali auto-calcolato dal programma. Questo è più grande delle barre minime specificate dal codici.

V-armature : armature dimensione ottimale e il numero di barre, che soddisfano i vincoli di progettazione (minimo / massimo rebar distanze, minimo / massimo i rapporti di rinforzo in acciaio).

Notazione : n1 - n2 - # xx (Dxx)

(N1: numero di barre principali, n2: numero di righe di barre principali, # xx (Dxx) : progettato dimensione standard per le armature principali)

Vu : Forza massima taglio dell'elemento in questione

Rat-V : rapporto tra la forza di taglio (Vu) per la resistenza a taglio di progetto (Vn). Il rapporto più grande di 1,0 significa che la resistenza di progetto non è soddisfacente, anche se la quantità armatura viene aumentata per il rapporto di armatura massima o l'armatura minima

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 35 di 49</div> |

As-H : Rafforzare area della sezione in acciaio (**LengthUnit 2 / LengthUnit** x 100) necessari per la forza di taglio calcolata dal programma, con il limite inferiore è la quantità di armatura minimo previsto nei codici.

H-dell'armatura : spaziatura posizionamento armatura espressa in termini di As-H con le dimensioni standard di sub-dell'armatura immessi dall'utente.

I seguenti sono visualizzati per H-dell'armatura in base ai risultati progettazione automatica:

= "# @ xx yyy", "Dxx @ yyy"

xx è la dimensione designato armatura standard, yyy è la spaziatura delle armature (unità: millimetri).

10.2. DETTAGLI PER LE VERIFICHE SLE

Le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) sono principalmente 3, e seguono i seguenti criteri indicati in normativa. Vengono effettuate per gli elementi principali.

Verifica delle tensioni

La *verifica delle tensioni in esercizio* segue quanto riportato in normativa:

4.1.2.2.5 *Verifica delle tensioni di esercizio*

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

4.1.2.2.5.1 *Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio*

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

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)} \quad (4.1.40)$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.} \quad (4.1.41)$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

4.1.2.2.5.2 *Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio*

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

Verifica a fessurazione

Si seguirà quanto riportato al paragrafo § 4.1.2.2.4 delle NTC08, prendendo i seguenti parametri:

classe di esposizione

| | | | | | | | |
|--|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|-----------------|--|
| SWS TM | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 36 di 49 | |

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

condizioni ambientali ordinarie XC1 calcestruzzo asciutto o permanentemente bagnato.

stati limite di fessurazione

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

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

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

con:

$$w_1 = 0.20 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.30 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.40 \text{ mm}$$

essendo l'armatura in acciaio ordinario essa si definisce poco sensibile, e il calcestruzzo in condizioni ambientali ordinarie, il limite di apertura delle fessure viene fissato a (con w_d valore di calcolo):

$$\text{combinazione frequente} \quad w_d = 1.7 w_m < w_3 = 0.40 \text{ mm}$$

$$\text{combinazione quasi permanente} \quad w_d = 1.7 w_m < w_2 = 0.30 \text{ mm}$$

Verifiche di deformabilità

Per quanto riguarda i limiti di deformabilità, essi devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla struttura anche in relazione alla destinazione d'uso, con riferimento alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche.

Per quanto riguarda i valori limite, essi dovranno essere commisurati a specifiche esigenze e potranno essere dedotti da documentazione tecnica di comprovata validità.

Nel caso in esame si prenderà come limite a inflessione $L/250$ per le travi e $L/250$ per i pilastri e le pareti.

Legenda dei simboli e delle sigle utilizzati per le verifiche SLE

Top-s : Stress nella parte superiore della sezione a causa del momento negativo

Top-sa: Tensione ammissibile nella parte superiore della sezione a causa del momento negativo

| | | | | | | |
|---|---|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p>  | | | | | |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 37 di 49</p> |

Bot-s: Stress sul fondo della sezione a causa del momento positivo

Bot-sa: Tensione ammissibile nella parte inferiore della sezione a causa del momento positivo

Top-w: Larghezza fessura nella parte superiore della sezione

Top-wa: larghezza ammissibile della fessura nella parte superiore della sezione

Bot-w: Larghezza fessura al fondo della sezione

Bot-wa: larghezza ammissibile fessura al fondo della sezione

Def: Flessione

DEFA: Deviazione ammissibile flessionale

Nel seguito si riportano i dettagli di verifica SLU e SLE sull'elemento maggiormente sollecitato per ogni sezione tipologica.


| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|---|
| <div></div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | | <div></div> |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 38 di 49</div> |

10.3. PILASTRI

Pilastri 25x25 cm

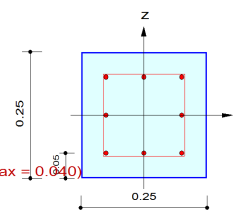
midas Gen

RC Column Checking Result

| | | | |
|---|---------|---------------|---------------------------------|
|  | Company | Project Title | |
| | Author | File Name | C:\...\centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Condition

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 18 (PM), 23 (Shear)
 Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Column Height : 4.3 m
 Section Property: P 25x25 (No : 2)
 Rebar Pattern : 8 - 3 - P20 Ast = 0.002512 m^2 (Rhost = 0.040 > Rhomax = 0.040)



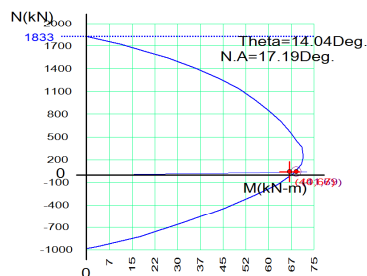
2. Applied Loads

Load Combination : 23 AT (J) Point
 N_{Ed} = 40.1981 kN M_{Edy} = 65.0875 kN-m M_{Edz} = 16.2749 kN-m
 M_{Ed} = SQRT(M_{Edy}² + M_{Edz}²) = 67.0914 kN-m

3. Axial Forces and Moments Capacity Check

Concentric Max. Axial Load N_{Rdmax} = 1832.79 kN
 Axial Load Ratio N_{Ed}/N_{Rd} = 40.1981 / 1832.79 = 0.991 < 1.000 O.K
 Moment Ratio M_{Ed}/M_{Rd} = 67.0914 / 69.1988 = 0.970 < 1.000 O.K
 M_{Edy}/M_{Rdy} = 65.0875 / 67.1324 = 0.970 < 1.000 O.K
 M_{Edz}/M_{Rdz} = 16.2749 / 16.7842 = 0.970 < 1.000 O.K

4. M-N Interaction Diagram



| N _{Rd} (kN) | M _{Rd} (kN-m) |
|----------------------|------------------------|
| 1832.79 | 0.00 |
| 1642.64 | 18.63 |
| 1412.28 | 35.93 |
| 1142.50 | 50.28 |
| 850.67 | 60.28 |
| 564.13 | 67.25 |
| 372.76 | 71.04 |
| 246.56 | 71.63 |
| 16.30 | 68.32 |
| -264.38 | 55.75 |
| -633.01 | 32.49 |
| -959.29 | 3.45 |
| -982.96 | 0.00 |

5. Shear Force Capacity Check

Applied Shear Strength V_{Ed} = 49.9924 kN (Load Combination : 39)
 Shear Ratio by Conc V_{Ed}/V_{Rdc} = 49.9924 / 50.8749 = 0.983
 Shear Ratio by (V_{Rds} ; V_{Rdmax}) V_{Ed}/V_{Rds} = 49.9924 / 111.287 = 0.449
 Shear Ratio V_{Ed}/V_{Rd} = 0.983 < 1.000 O.K
 (Asw-H_{use} = 0.00158 m^2/m, 2-P10 @100)

6. Serviceability : Stress Limit Check

| | Load Combination No. | Stress(s) | Allowable Stress(sa) | Stress Ratio(s/sa) |
|--------------------|----------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| Concrete | 70 | 13633.31 | 3462.70 | 3.9372 |
| Rebar | 70 | 91597.41 | 360000.00 | 0.2544 |
| Check Linear Creep | 87 | 10977.21 | 11250.00 | Linear Creep |

| | | | | | | |
|---|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|--|
|  | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 39 di 49 |

Pilastri 25x40 cm

midas Gen

RC Column Checking Result

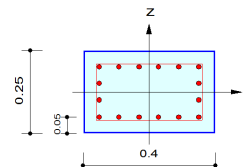


| | | | |
|---------|--------------------------|---------------|--------------------------------|
| Company | | Project Title | |
| Author | giacomo_lazzarotto@yahoo | File Name | C:\...centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Condition

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 2584 (PM), 2584 (Shear)
 Material Data : f_{ck} = 25000, f_{yk} = 450000, f_{yw} = 450000 KPa
 Column Height : 5.8 m
 Section Property: P 25x40 (No : 7)
 Rebar Pattern : 16 - 4 - P20

As_t = 0.005024 m² (R_{hst} = 0.050 > R_{hmax} = 0.040)



2. Applied Loads

Load Combination : 20 AT (J) Point

N_{Ed} = 135.422 kN M_{Edy} = 136.287 kN-m M_{Edz} = 1.06069 kN-m

M_{Ed} = SQRT(M_{Edy}² + M_{Edz}²) = 136.292 kN-m

3. Axial Forces and Moments Capacity Check

Concentric Max. Axial Load N_{Rdmax} = 3311.41 kN

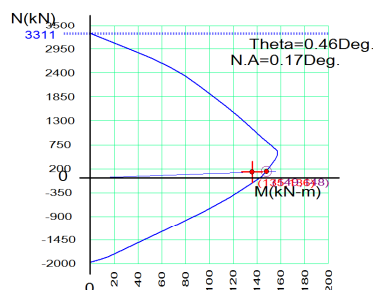
Axial Load Ratio N_{Ed}/N_{Rd} = 135.422 / 149.063 = 0.908 < 1.000 O.K

Moment Ratio M_{Ed}/M_{Rd} = 136.292 / 148.330 = 0.919 < 1.000 O.K

M_{Edy}/M_{Rdy} = 136.287 / 148.325 = 0.919 < 1.000 O.K

M_{Edz}/M_{Rdz} = 1.06069 / 1.19779 = 0.886 < 1.000 O.K

4. M-N Interaction Diagram



| N _{Rd} (kN) | M _{Rd} (kN-m) |
|----------------------|------------------------|
| 3311.41 | 0.00 |
| 2734.32 | 52.47 |
| 2339.03 | 79.83 |
| 1883.83 | 103.03 |
| 1399.25 | 124.46 |
| 924.32 | 144.28 |
| 608.61 | 157.36 |
| 501.84 | 156.97 |
| 228.49 | 150.64 |
| -180.78 | 132.49 |
| -782.24 | 95.83 |
| -1829.36 | 15.43 |
| -1965.91 | 0.00 |

5. Shear Force Capacity Check

Applied Shear Strength V_{Ed} = 79.2433 kN (Load Combination : 32)

Shear Ratio by Conc V_{Ed}/V_{Rdc} = 79.2433 / 79.5662 = 0.996

Shear Ratio by (V_{Rds} ; V_{Rdmax}) V_{Ed}/V_{Rds} = 79.2433 / 139.109 = 0.570

Shear Ratio V_{Ed}/V_{Rd} = 0.996 < 1.000 O.K

(As_w-H_{use} = 0.00198 m²/m, 2-P10 @80)

6. Serviceability : Stress Limit Check

| | Load Combination No. | Stress(s) | Allowable Stress(sa) | Stress Ratio(s/sa) |
|--------------------|----------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| Concrete | 76 | 16516.00 | 3462.70 | 4.7697 |
| Rebar | 76 | 114071.20 | 360000.00 | 0.3169 |
| Check Linear Creep | 87 | 13319.61 | 11250.00 | NonLinear Creep |


| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|---|
| <div></div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | | <div></div> |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 40 di 49</div> |

10.4. TRAVI

Trave 25x40 cm

midas Gen

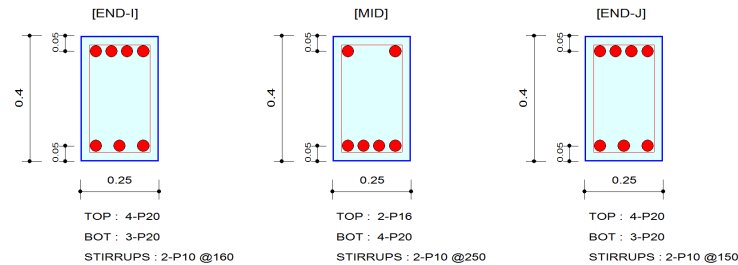
RC Beam Strength Checking Result

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>Company</p> | <p>Project Title</p> |
| | <p>Author giacomo_lazzarotto@yahoo</p> | <p>File Name C:\...\centrale_scurelle_v1.mgb</p> |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Section Property: T 25x40 (No : 3) Beam Span : 7.8 m

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|--------|--------|--------|
| (-) Load Combination No. | 21 | 38 | 20 |
| Moment (M _{Ed}) | 107.71 | 8.76 | 131.69 |
| Strength (M _{Rd}) | 150.04 | 51.35 | 150.04 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.7179 | 0.1706 | 0.8777 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.2383 | 0.1450 | 0.2383 |
| (+) Load Combination No. | 20 | 20 | 3 |
| Moment (M _{Ed}) | 62.45 | 114.48 | 60.59 |
| Strength (M _{Rd}) | 114.97 | 148.13 | 114.97 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.5432 | 0.7728 | 0.5271 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.1855 | 0.3398 | 0.1855 |
| Using Rebar Top (As _{top}) | 0.0013 | 0.0004 | 0.0013 |
| Using Rebar Bot (As _{bot}) | 0.0009 | 0.0013 | 0.0009 |


4. Shear Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|------------|------------|------------|
| Load Combination No. | 18 | 14 | 12 |
| Factored Shear Force (V _{Ed}) | 60.27 | 56.92 | 60.62 |
| Shear Strength by Conc. (V _{Rdc}) | 60.81 | 60.81 | 60.81 |
| Shear Strength by Rebar (V _{Rds}) | 121.72 | 77.90 | 129.83 |
| Using Shear Reinf. (Asw) | 0.0010 | 0.0006 | 0.0011 |
| Using Stirrups Spacing | 2-P10 @160 | 2-P10 @250 | 2-P10 @150 |
| Shear Ratio by Conc | 0.9911 | 0.9359 | 0.9967 |
| Shear Ratio by (V _{Rds} ; V _{Rdmax}) | 0.4952 | 0.7307 | 0.4669 |
| Check Ratio | 0.9911 | 0.9359 | 0.9967 |

| | | | | | | |
|---|--|-----------|--------------|-------------------------------------|----------|--|
|  | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE | Codice commessa MDW032 | Fase E | Autore SW | Codifica documento CL_CI0000_001 | Rev A | Pagina 41 di 49 |

midas Gen

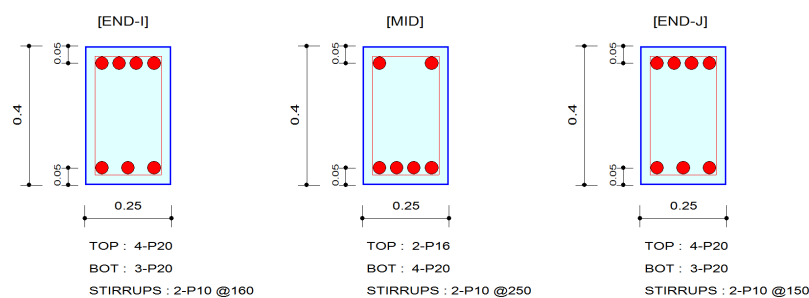
RC Beam Serviceability Checking Result

| | | | |
|---|---------|---------------|---------------------------------|
|  | Company | Project Title | |
| | Author | File Name | C:\...\centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Section Property: T 25x40 (No : 3) Beam Span : 7.8 m

2. Section Diagram



3. Stress Check

| | END-I | | MID | | END-J | |
|--------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar |
| (-) Load Combination No. | 59 | 59 | 87 | 87 | 73 | 73 |
| Stress(s) | 2989.37 | 28279.10 | 0.00 | 0.00 | 13844.35 | 246923.90 |
| Allowable Stress(sa) | 3077.96 | 360000.00 | 0.00 | 0.00 | 15000.00 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.9712 | 0.0786 | ***** | ***** | 0.9230 | 0.6859 |
| (+) Load Combination No. | 57 | 57 | 73 | 73 | 75 | 75 |
| Stress(s) | 3073.88 | 29507.08 | 13525.61 | 217722.97 | 3075.55 | 29523.19 |
| Allowable Stress(sa) | 3077.96 | 360000.00 | 15000.00 | 360000.00 | 3077.96 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.9987 | 0.0820 | 0.9017 | 0.6048 | 0.9992 | 0.0820 |

4. Check Linear Creep

| | END-I | MID | END-J |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| (-) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 8493.52 | 0.00 | 10329.94 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 0.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | ***** | Linear Creep |
| (+) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 5044.80 | 10179.75 | 5104.70 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|---|
| <div></div> | <div><div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div><div>PROGETTO ESECUTIVO</div></div> | | | | | <div></div> |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 42 di 49</div> |

Cordolo 25x25 cm

midas Gen

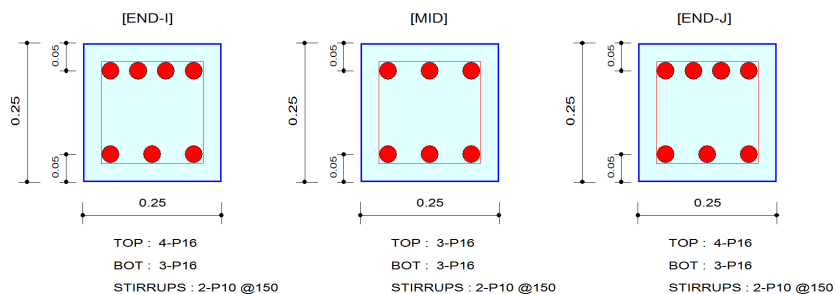
RC Beam Strength Checking Result

| | | | | |
|---|---------|--------------------------|---------------|--------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | giacomo_lazzarotto@yahoo | File Name | C:\...centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
 Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Section Property: C 25x25 (No : 4) Beam Span : 3.25016 m

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|--------|--------|--------|
| (-) Load Combination No. | 43 | 43 | 42 |
| Moment (M _{Ed}) | 41.21 | 21.71 | 41.80 |
| Strength (M _{Rd}) | 51.25 | 39.65 | 51.25 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.8040 | 0.5476 | 0.8156 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.3516 | 0.2969 | 0.3516 |
| (+) Load Combination No. | 27 | 27 | 26 |
| Moment (M _{Ed}) | 33.54 | 19.23 | 33.02 |
| Strength (M _{Rd}) | 39.71 | 39.65 | 39.71 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.8445 | 0.4851 | 0.8315 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.2871 | 0.2969 | 0.2871 |
| Using Rebar Top (As _{top}) | 0.0008 | 0.0006 | 0.0008 |
| Using Rebar Bot (As _{bot}) | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 |

4. Shear Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|------------|------------|------------|
| Load Combination No. | 43 | 43 | 27 |
| Factored Shear Force (V _{Ed}) | 27.92 | 26.81 | 25.64 |
| Shear Strength by Conc.(V _{Rdc}) | 41.11 | 37.35 | 41.11 |
| Shear Strength by Rebar.(V _{Rds}) | 74.19 | 74.19 | 74.19 |
| Using Shear Reinf. (Asw) | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 |
| Using Stirrups Spacing | 2-P10 @150 | 2-P10 @150 | 2-P10 @150 |
| Shear Ratio by Conc | 0.6792 | 0.7178 | 0.6236 |
| Shear Ratio by (V _{Rds} ; V _{Rdmax}) | 0.3763 | 0.3613 | 0.3455 |
| Check Ratio | 0.6792 | 0.7178 | 0.6236 |

midas Gen

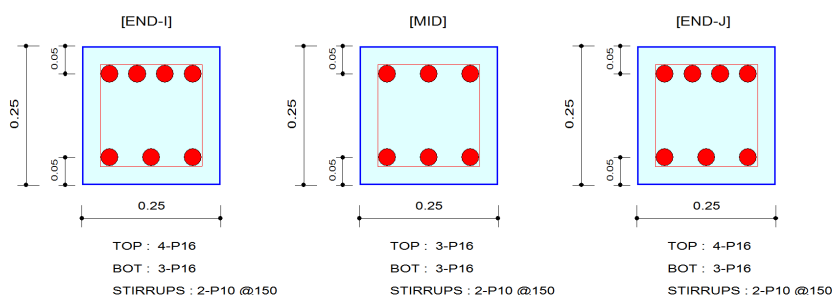
RC Beam Serviceability Checking Result

| | | | |
|----------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Company | | Project Title | |
| Author | giacomo_lazzarotto@yahoo | File Name | C:\...centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
 Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Section Property: C 25x25 (No : 4) Beam Span : 3.25016 m

2. Section Diagram



3. Stress Check

| | END-I | | MID | | END-J | |
|--------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar |
| (-) Load Combination No. | 70 | 70 | 70 | 70 | 72 | 72 |
| Stress(s) | 1934.45 | 14570.98 | 750.81 | 5724.85 | 1971.25 | 14848.14 |
| Allowable Stress(sa) | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.5587 | 0.0405 | 0.2168 | 0.0159 | 0.5693 | 0.0412 |
| (+) Load Combination No. | 72 | 72 | 72 | 72 | 70 | 70 |
| Stress(s) | 1794.91 | 13846.29 | 1340.93 | 10224.43 | 1806.09 | 13932.54 |
| Allowable Stress(sa) | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.5184 | 0.0385 | 0.3872 | 0.0284 | 0.5216 | 0.0387 |

4. Check Linear Creep

| | END-I | MID | END-J |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| (-) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 1126.86 | 382.48 | 1289.89 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |
| (+) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 670.21 | 648.39 | 544.87 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|---|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | | <div></div> |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 44 di 49</div> |

Trave di fondazione 100x25 cm

midas Gen

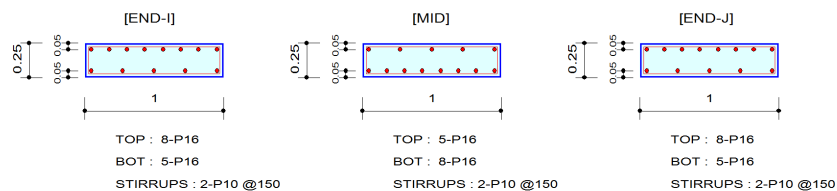
RC Beam Strength Checking Result

| | | | | |
|---|---------|--------------------------|---------------|---------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | giacomo_lazzarotto@yahoo | File Name | C:\...\centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
 Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Section Property: TF 100x25 (No : 5) Beam Span : 6.10016 m

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|--------|--------|--------|
| (-) Load Combination No. | 39 | 20 | 39 |
| Moment (M _{Ed}) | 101.31 | 44.29 | 71.45 |
| Strength (M _{Rd}) | 110.95 | 74.77 | 110.95 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.9131 | 0.5924 | 0.6440 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.2617 | 0.2256 | 0.2617 |
| (+) Load Combination No. | 22 | 26 | 27 |
| Moment (M _{Ed}) | 45.58 | 107.64 | 41.08 |
| Strength (M _{Rd}) | 74.77 | 110.95 | 74.77 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.6097 | 0.9702 | 0.5495 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.2256 | 0.2617 | 0.2256 |
| Using Rebar Top (As _{top}) | 0.0016 | 0.0010 | 0.0016 |
| Using Rebar Bot (As _{bot}) | 0.0010 | 0.0016 | 0.0010 |


4. Shear Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|------------|------------|------------|
| Load Combination No. | 10 | 26 | 20 |
| Factored Shear Force (V _{Ed}) | 86.96 | 117.86 | 89.79 |
| Shear Strength by Conc.(V _{Rdc}) | 130.51 | 130.51 | 130.51 |
| Shear Strength by Rebar.(V _{Rds}) | 74.19 | 74.19 | 74.19 |
| Using Shear Reinf. (Asw) | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 |
| Using Stirrups Spacing | 2-P10 @150 | 2-P10 @150 | 2-P10 @150 |
| Shear Ratio by Conc | 0.6663 | 0.9031 | 0.6880 |
| Shear Ratio by (V _{Rds} ; V _{Rdmax}) | 1.1721 | 1.5886 | 1.2103 |
| Check Ratio | 0.6663 | 0.9031 | 0.6880 |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------|
| <div></div> | <div><div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div><div>PROGETTO ESECUTIVO</div></div> <div></div> | | | | | |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 45 di 49</div> |

midas Gen

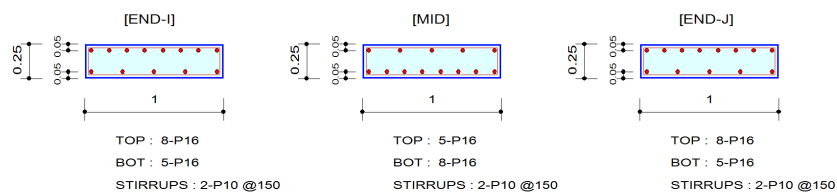
RC Beam Serviceability Checking Result

| | | | |
|---|----------------|----------------------|--------------------------------|
|  | Company | Project Title | |
| | Author | File Name | C:\...centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Section Property: TF 100x25 (No : 5) Beam Span : 6.10016 m

2. Section Diagram



3. Stress Check

| | END-I | | MID | | END-J | |
|--------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar |
| (-) Load Combination No. | 83 | 83 | 73 | 73 | 61 | 61 |
| Stress(s) | 3454.38 | 26070.18 | 2738.69 | 21089.26 | 2814.49 | 21240.92 |
| Allowable Stress(sa) | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.9976 | 0.0724 | 0.7909 | 0.0586 | 0.8128 | 0.0590 |
| (+) Load Combination No. | 61 | 61 | 62 | 62 | 63 | 63 |
| Stress(s) | 1837.00 | 14145.84 | 3456.74 | 26088.00 | 1790.10 | 13784.67 |
| Allowable Stress(sa) | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.5305 | 0.0393 | 0.9983 | 0.0725 | 0.5170 | 0.0383 |

4. Check Linear Creep

| | END-I | MID | END-J |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| (-) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 6354.60 | 2345.73 | 2277.33 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |
| (+) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 1458.00 | 3031.50 | 1554.22 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |

| | | | | | | |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|--|
| <div>SWSTM</div> | <div>CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</div> <div>PROGETTO ESECUTIVO</div> | | | | |  |
| <div>RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</div> | <div>Codice commessa</div> <div>MDW032</div> | <div>Fase</div> <div>E</div> | <div>Autore</div> <div>SW</div> | <div>Codifica documento</div> <div>CL_CI0000_001</div> | <div>Rev</div> <div>A</div> | <div>Pagina 46 di 49</div> |

Cordolo di fondazione 25x25 cm

midas Gen

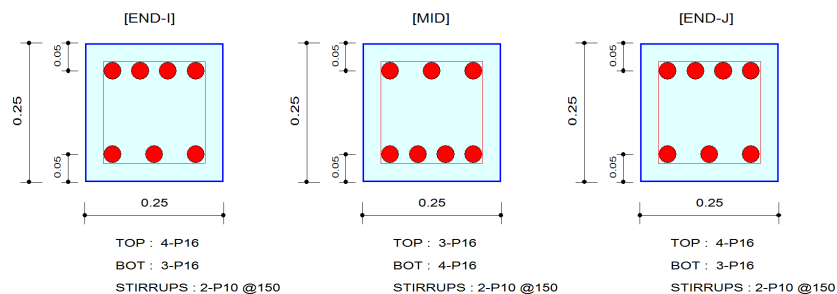
RC Beam Strength Checking Result

| | | | | |
|---|---------|--------------------------|---------------|--------------------------------|
|  | Company | | Project Title | |
| | Author | giacomo_lazzarotto@yahoo | File Name | C:\...centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Section Property: CF 25x25 (No : 6) Beam Span : 6.1 m

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|--------|--------|--------|
| (-) Load Combination No. | 39 | 38 | 38 |
| Moment (M _{Ed}) | 28.41 | 18.61 | 42.91 |
| Strength (M _{Rd}) | 51.25 | 39.71 | 51.25 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.5544 | 0.4685 | 0.8372 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.3516 | 0.2871 | 0.3516 |
| (+) Load Combination No. | 22 | 22 | 23 |
| Moment (M _{Ed}) | 26.88 | 22.22 | 29.01 |
| Strength (M _{Rd}) | 39.71 | 51.25 | 39.71 |
| Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd}) | 0.6768 | 0.4336 | 0.7304 |
| Neutral Axis (x/d) | 0.2871 | 0.3516 | 0.2871 |
| Using Rebar Top (As _{top}) | 0.0008 | 0.0006 | 0.0008 |
| Using Rebar Bot (As _{bot}) | 0.0006 | 0.0008 | 0.0006 |

4. Shear Capacity

| | END-I | MID | END-J |
|---|------------|------------|------------|
| Load Combination No. | 41 | 23 | 7 |
| Factored Shear Force (V _{Ed}) | 41.07 | 29.59 | 40.54 |
| Shear Strength by Conc.(V _{Rdc}) | 41.11 | 41.11 | 41.11 |
| Shear Strength by Rebar.(V _{Rds}) | 74.19 | 74.19 | 74.19 |
| Using Shear Reinf. (Asw) | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 |
| Using Stirrups Spacing | 2-P10 @150 | 2-P10 @150 | 2-P10 @150 |
| Shear Ratio by Conc | 0.9990 | 0.7198 | 0.9861 |
| Shear Ratio by (V _{Rds} ; V _{Rdmax}) | 0.5535 | 0.3988 | 0.5464 |
| Check Ratio | 0.9990 | 0.7198 | 0.9861 |

midas Gen

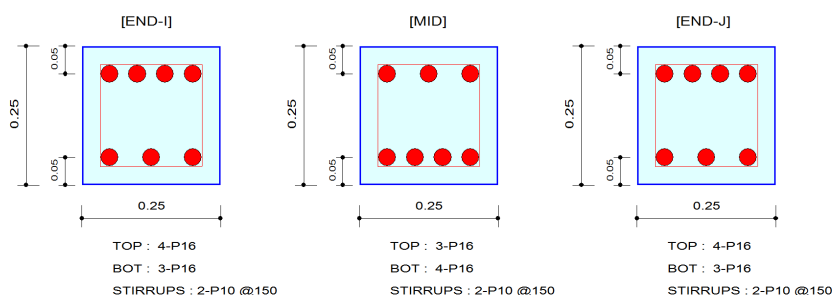
RC Beam Serviceability Checking Result

| | | | |
|----------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Company | | Project Title | |
| Author | giacomo_lazzarotto@yahoo | File Name | C:\...centrale_scurelle_v1.mgb |

1. Design Information

Design Code : Eurocode2:04 & NTC2012 Unit System : kN, m
 Material Data : fck = 25000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Section Property: CF 25x25 (No : 6) Beam Span : 6.1 m

2. Section Diagram



3. Stress Check

| | END-I | | MID | | END-J | |
|--------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar | Concrete | Rebar |
| (-) Load Combination No. | 72 | 72 | 76 | 76 | 70 | 70 |
| Stress(s) | 3448.04 | 25971.89 | 985.12 | 7599.38 | 3359.08 | 25301.83 |
| Allowable Stress(sa) | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.9958 | 0.0721 | 0.2845 | 0.0211 | 0.9701 | 0.0703 |
| (+) Load Combination No. | 69 | 69 | 63 | 63 | 76 | 76 |
| Stress(s) | 1348.65 | 10403.74 | 2351.47 | 17712.15 | 3298.53 | 25445.47 |
| Allowable Stress(sa) | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 | 3462.70 | 360000.00 |
| Stress Ratio(s/sa) | 0.3895 | 0.0289 | 0.6791 | 0.0492 | 0.9526 | 0.0707 |

4. Check Linear Creep

| | END-I | MID | END-J |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| (-) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 3104.47 | 725.24 | 3045.42 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |
| (+) Load Combination No. | 87 | 87 | 87 |
| Stress(s) | 831.47 | 1709.43 | 2807.07 |
| Allowable Stress(sa) | 11250.00 | 11250.00 | 11250.00 |
| Result | Linear Creep | Linear Creep | Linear Creep |



RELAZIONE DI CALCOLO
DELLA CENTRALE

Codice commessa
MDW032

Fase
E

Autore
SW

Codifica documento
CL_CI0000_001

Rev
A

Pagina 48 di 49

Trave in acciaio HEA260

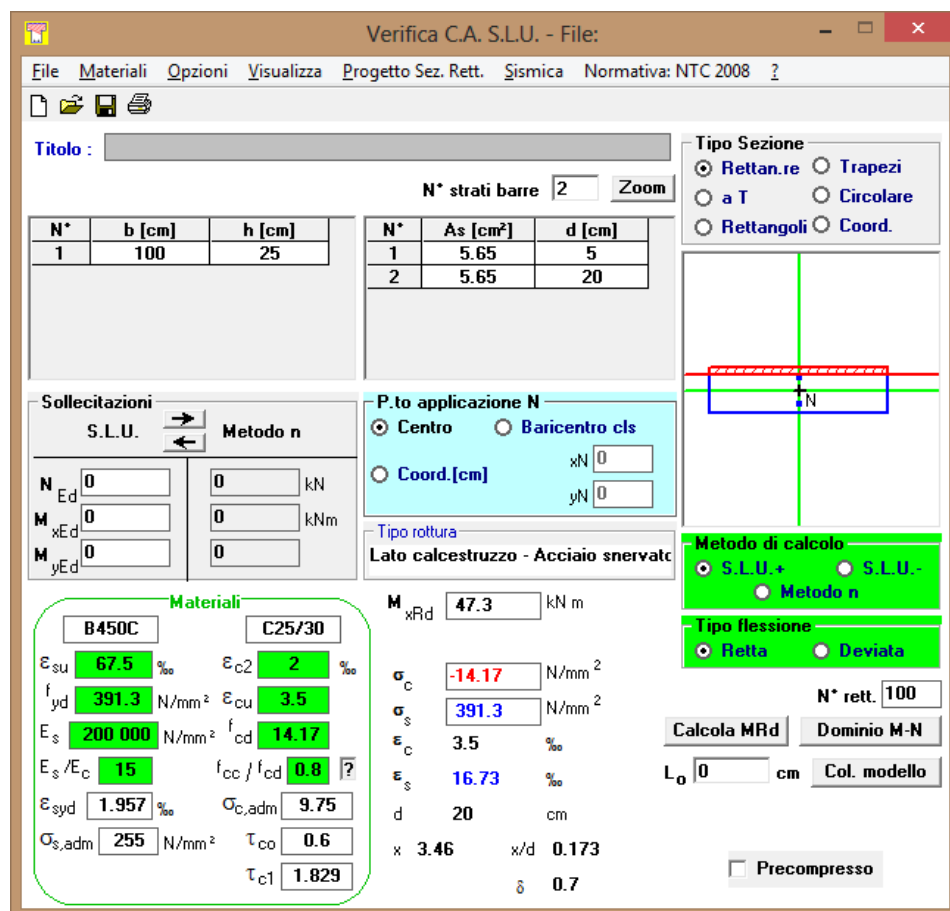
| Resistance of cross section beam type in class section 1 and 2 UNI EN 1993-1-1:1994 EC3 | | | | | | | | | |
|--|----------|---------------------|--|--|-----------|---------------------|--------------------|--------|-----------------|
| Geometrics Dimensions | | | | Statics Characteristic | | | | | |
| Shape | HEA 260 | | | A= | 86.8 | cm ² | Weight= | 68.2 | kg/m |
| h = | 250 | mm | | Avx = | 65.0 | cm ² | Avy = | 28.7 | cm ² |
| b = | 260 | mm | | Jxx = | 10450.0 | cm ⁴ | Jyy = | 3668.0 | cm ⁴ |
| tw = | 7.5 | mm | | Wxx = | 836.0 | cm ³ | Wyy = | 282.0 | cm ³ |
| tf = | 12.5 | mm | | Wpl,xx = | 920.0 | cm ³ | Wpl,yy = | 428.8 | cm ³ |
| r = | 24 | mm | | Sx = | 460.0 | cm ³ | Sy = | 214.4 | cm ³ |
| | | | | ix = | 11.00 | cm | iy = | 6.50 | cm |
| | | | | ψx = | 1.10 | | ψy = | 1.52 | |
| Material Property and Partial Factor | | | | $\lambda_x = \frac{l_{0,x}}{i_y}, \quad \lambda_y = \frac{l_{0,y}}{i_x}$ $\sigma_{crit,x} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2}, \quad \sigma_{crit,y} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2}$ $\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,x}}}, \quad \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$ | | | | | |
| Steel grade | S275J0 | | | | | | | | |
| E = | 2060000 | daN/cm ² | | | | | | | |
| fyk = | 2750 | daN/cm ² | | | | | | | |
| γM0 = | 1.05 | | | | | | | | |
| γM1 = | 1.05 | | | | | | | | |
| Axial Force | | | | Nsd = | 0 | daN | | | |
| Internal Force Acting in xx direction | | | | Internal Force Acting in YY direction | | | | | |
| Shape of bending moment | Linear | | | Shape of bending moment | Parabolic | | | | |
| Msd,xx,A = | 0 | daNm | | Msd,yy,A = | 3500 | daNm | | | |
| Msd,xx,B = | 0 | daNm | | Msd,yy,B = | 3500 | daNm | | | |
| | | | | Msd,xx,C = | 6000 | daNm | | | |
| | | | | AC/AB = | 0.5 | | | | |
| Msd,xx = | 0 | daNm | | MQ,xx = | 2500 | daNm | | | |
| Vsd,x = | 0 | daN | | Msd,yy = | 6000 | daNm | | | |
| | | | | Vsd,y = | 2400 | daN | | | |
| Effective lenght for flexural buckling | | | | | | | | | |
| Buckling curve | a | | | | | | | | |
| Imperfection Factor α = | 0.21 | | | | | | | | |
| Effective lenght in X direction | | | | Effective lenght in Y direction | | | | | |
| lo,x = | 780 | cm | | lo,y = | 780 | cm | | | |
| λx = | 120.0 | | | λy = | 70.9 | | | | |
| σcr,x = | 1410 | daN/cm ² | | σcr,y = | 4039 | daN/cm ² | | | |
| χx = | 0.420 | | | χy = | 0.781 | | | | |
| kx = | 1.000 | | | ky = | 1.000 | | | | |
| Axial Force Resistance | | | | | | | | | |
| Npl,rd = A fy / γM0 = | 227333.3 | daN | | | | | Nsd/Nrd = | 0.000 | < 1 |
| Shear Plastic Resistance | | | | | | | | | |
| Vpl,rd,x = | 98 287 | daN | | Vsd,x < 0.5 Vpl,rd,x | ρ x = | 0.000 | Vsd,x / Vpl,rd,x = | 0.000 | < 1 |
| Vpl,rd,y = | 43 454 | daN | | Vsd,y < 0.5 Vpl,rd,y | ρ y = | 0.000 | Vsd,y / Vpl,rd,y = | 0.055 | < 1 |
| Bending Moment Resistance | | | | | | | | | |
| Mcrd,xx = Wpl,x(1 - ρx) fy / γM0 | 11231.2 | daNm | | | | | Msd,xx / Mcrd,xx = | 0.000 | < 1 |
| Mcrd,yy = Wpl,y(1 - ρy) fy / γM0 | 24095.2 | daNm | | | | | Msd,yy / Mcrd,yy = | 0.249 | < 1 |
| Axial, Bending Moment and Shear Force Resistance | | | | | | | | | |
| Nsd/Npl,rd + Msd,xx/Mcrd,xx + Msd,yy/Mcrd,yy = | | | | 0 + 0 + 0.249 | | | 0.249 | | < 1 |
| Buckling resistance | | | | | | | | | |
| $\frac{N_{sd}}{\chi_{min} A f_{yk} / \gamma_{M1}} + \frac{k_x M_{sd,x}}{W_{pl,yy} f_{yk} / \gamma_{M1}} + \frac{k_y M_{sd,y}}{W_{pl,xx} f_{yk} / \gamma_{M1}} =$ | | | | 0 + 0 + 0.249 | | | 0.249 | | < 1 |

| | | | | | | | |
|---|--|-------------------|----------------------|---|------------------|------------------------|--|
|  | <p style="text-align: center;">CENTRALINA IDROELETTRICA NEL COMUNE DI SCURELLE</p> <p style="text-align: center;">PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | |  |
| <p style="text-align: center;">RELAZIONE DI CALCOLO DELLA CENTRALE</p> | <p>Codice commessa MDW032</p> | <p>Fase E</p> | <p>Autore SW</p> | <p>Codifica documento CL_CI0000_001</p> | <p>Rev A</p> | <p>Pagina 49 di 49</p> | |

10.5. ELEMENTI PARETE – SOLETTA – PLATEA

Questi elementi sono tutti dimensionati di spessore 25cm e armati con $\phi 12/20$ orizzontali e verticali su ambo le facce.

Così facendo si arriva ad un momento resistente pari a $M_{Rd} = 47.3 \text{ kNm/m}$



Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° strati barre: 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 25 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 5.65 | 5 |
| 2 | 5.65 | 20 |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{Rd}: 47.3 kNm

Materiali: B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 16.73 ‰
d 20 cm
x 3.46 x/d 0.173
δ 0.7

11. CONCLUSIONI

Le analisi e le verifiche condotte hanno evidenziato che la struttura portante garantisce le prestazioni statiche e sismiche minime richieste da normativa corrente.