



COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA  
 DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E DELLA MOBILITÀ NEL  
 TERRITORIO DELLE PROVINCE DI TREVISO E VICENZA

# SUPERSTRADA A PEDAGGIO PEDEMONTANA VENETA

### CONCESSIONARIO



**SPV srl**  
 Via Inverio, 24/A  
 10146 Torino

Società di progetto ai sensi dell'art. 156 D.LGS 163/06  
 subentrato all'ATI



### PROGETTISTA



#### RESPONSABILE PROGETTAZIONE

**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
 DELLA PROVINCIA DI CUNEO**  
 1211 *Dott. Ing. Claudio Dogliani*

#### RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE



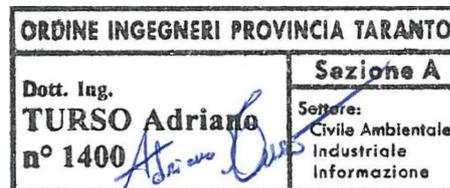
#### SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA E DELLE OPERE CIVILI



#### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE



#### GEOLOGO



N. Progr. \_\_\_\_\_  
 Carrella N. \_\_\_\_\_

**PROGETTO DEFINITIVO**  
 (C.U.P. H51B03000050009)

LOTTO 3 - TRATTA "C"  
 dal Km. 74+075 al Km 75+625

#### TITOLO ELABORATO:

**DOCUMENTAZIONE GENERALE**  
**IDROLOGIA E IDRAULICA - MANUFATTI IDRAULICI**  
**VASCA DI LAMINAZIONE - VL3C001**  
 Relazione di calcolo

**P V D I D I S V L 3 C 0 0 1 - 0 0 1 0 0 0 1 R A 0**

SCALA: -

| REV. | DESCRIZIONE     | REDATTO | DATA       | VERIFICATO | DATA       | APPROVATO | DATA       |
|------|-----------------|---------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| 0    | PRIMA EMISSIONE | SIPAL   | 24/03/2014 | SIPAL      | 26/03/2014 | SIS       | 28/03/2014 |
|      |                 |         |            |            |            |           |            |
|      |                 |         |            |            |            |           |            |

#### IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giuseppe FASIOL

#### IL COMMISSARIO:

Ing. Silvano VERNIZZI

#### VALIDAZIONE:

PROTOCOLLO : \_\_\_\_\_

DEL: \_\_\_\_\_



**COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA  
DETERMINATASI NEL SETTORE DEL TRAFFICO E  
DELLA MOBILITA' NEL TERRITORIO DELLE PROVINCE  
DI TREVISO E VICENZA**

**SUPERSTRADA A PEDAGGIO  
PEDEMONTANA VENETA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

DOCUMENTAZIONE GENERALE  
IDROLOGIA E IDRAULICA - MANUFATTI IDRAULICI  
VASCA DI LAMINAZIONE VL3C001  
Relazione di calcolo

**INDICE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PREMESSA .....</b>                                 | <b>3</b>  |
| <b>2. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>                    | <b>3</b>  |
| <b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>4. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>5. ANALISI STRUTTURALE .....</b>                      | <b>6</b>  |
| 5.1 Analisi dei carichi – pareti laterali.....           | 6         |
| 5.2 Analisi dei carichi – soletta di copertura.....      | 8         |
| 5.3 Combinazioni di carico e calcolo sollecitazioni..... | 9         |
| <b>6. VERIFICA PARETI .....</b>                          | <b>10</b> |
| 6.1 Pareti laterali tipo A .....                         | 10        |
| 6.2 Pareti laterali tipo B .....                         | 21        |
| <b>7. VERIFICA SOLETTA DI COPERTURA.....</b>             | <b>31</b> |
| <b>8. VERIFICA SOLETTA DI FONDAZIONE.....</b>            | <b>42</b> |
| <b>9. DIMENSIONAMENTO TRAVI FRA SETTI INTERNI.....</b>   | <b>53</b> |
| 9.1 Analisi dei carichi.....                             | 53        |
| 9.2 Combinazioni di carico e calcolo sollecitazioni..... | 54        |
| 9.3 Verifiche .....                                      | 55        |

### 1. PREMESSA

La presente relazione è redatta nell’ambito del Progetto Definitivo, elaborato per conto dell’A.T.I. Consorzio SIS-Itinere, affidataria della concessione della Superstrada a pedaggio Pedemontana Veneta. In questo documento vengono riportati i criteri di dimensionamento della struttura “Vasca di laminazione” VL.3C.001 situata lungo la tratta 3C.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche generali dell’opera e vengono esposte le modalità di calcolo, i risultati delle analisi e le verifiche degli elementi strutturali.

### 2. DESCRIZIONE DELL’OPERA

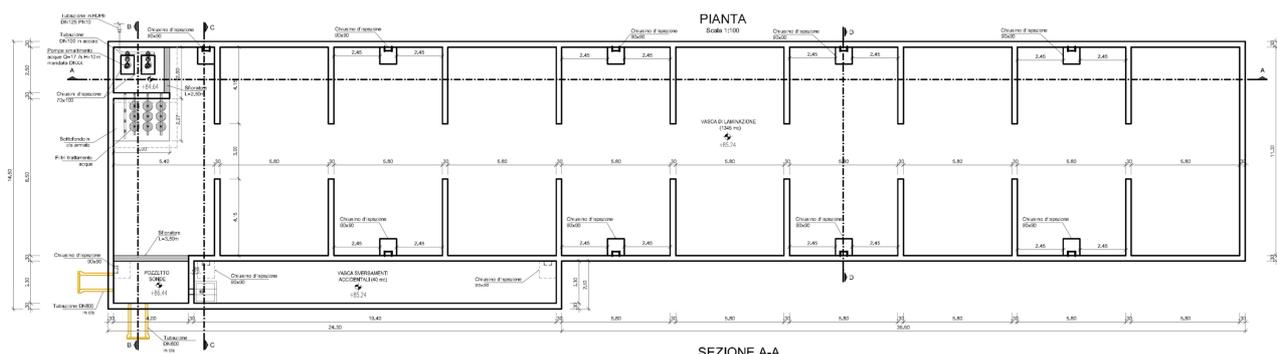
La struttura, realizzata in calcestruzzo armato gettato in opera, è costituita da una platea di fondazione di spessore 50 cm, setti interni di spessore 30 cm, soletta di copertura di spessore 40 cm. Le pareti esterne hanno spessore 30 cm.

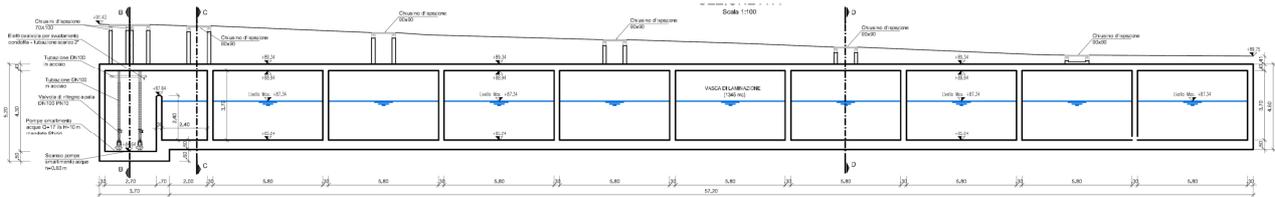
In tabella si riportano le dimensioni principali della vasca mentre nelle figure seguenti sono riportate le piante e le sezioni dettagliate:

|                  | <b>B</b> | <b>L</b> | <b>H<sub>f</sub></b> | <b>H<sub>c</sub></b> | <b>H<sub>tot</sub></b> | <b>sp</b> | <b>sr</b> |
|------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------|-----------|
| <b>VL.3C.001</b> | 57.3     | 14.50    | 0.5                  | 0.4                  | 4.6                    | 0.3       | 2.1(0.4)  |

dove

- B larghezza massima in pianta
- L lunghezza massima in pianta
- H<sub>f</sub> spessore fondazione
- H<sub>c</sub> spessore copertura
- H<sub>tot</sub> altezza totale
- sp spessore pareti
- sr spessore ricopimento max (min)



Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo***Figura 1: Pianta VL.3C.001****Figura 2: Sezione VL.3C.001****3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- **L. 05/11/1971 n. 1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **L. 02/02/1974 n. 64** - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- **D.M. 14 gennaio 2008** - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- **Circ. Min. 02/02/2009 n.617** - Istruzione per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- **UNI EN 206-1-2006** - Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

**4. DURABILITÀ E PRESCRIZIONI DEI MATERIALI***Calcestruzzo 28/35 (Fondazione)*

|   |            |       |                      |
|---|------------|-------|----------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica     | $R_{ck}$   | 35    | [MPa]                |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica | $f_{ck}$   | 28    | [MPa]                |
| Resistenza di calcolo a compressione                | $f_{cd}$   | 15.87 | [MPa]                |
| Modulo elastico                                     | $E_c$      | 32308 | [MPa]                |
| Peso specifico calcestruzzo                         | $\gamma_c$ | 25    | [kN/m <sup>3</sup> ] |

*Calcestruzzo 32/40 (Elevazione e copertura)*

|   |            |         |                      |
|---|------------|---------|----------------------|
| Resistenza caratteristica a compressione cubica     | $R_{ck}$   | 40      | [MPa]                |
| Resistenza caratteristica a compressione cilindrica | $f_{ck}$   | 32      | [MPa]                |
| Resistenza di calcolo a compressione                | $f_{cd}$   | 18.13   | [MPa]                |
| Modulo elastico                                     | $E_c$      | 33345.8 | [MPa]                |
| Peso specifico calcestruzzo                         | $\gamma_c$ | 25      | [kN/m <sup>3</sup> ] |

*Acciaio B450C*

|  |          |       |       |
|--|----------|-------|-------|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk}$ | 450   | [MPa] |
| Tensione caratteristica di rottura     | $f_{tk}$ | 540   | [MPa] |
| Resistenza di calcolo a trazione       | $f_{yd}$ | 391.3 | [MPa] |
| Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls    | $n$      | 15    |       |

*Condizioni ambientali*

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ambientali "Aggressive", in classe di esposizione ambientale **XA2**. Si adotta un copriferro pari a 4.50 cm.

## 5. ANALISI STRUTTURALE

### 5.1 Analisi dei carichi – pareti laterali

Le pareti delle vasche di laminazione sono sottoposte ai seguenti carichi:

- $q_1$  – spinta laterale dovuta al ricoprimento della vasca

Sulla copertura della vasca si considera la presenza di uno strato di terreno di ricoprimento di spessore max pari a 2.1 m, con peso specifico  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$  e angolo di attrito  $\phi=35^\circ$ .

La pressione uniforme agente sulla parete è data quindi da:

$$q_1 = (\gamma h_r) k_0$$

e la spinta totale è pari a:

$$S_{S1} = q_1 H$$

con:

altezza di riferimento ricoprimento:  $h_r = 210 \text{ cm}$

coefficiente di spinta a riposo:  $k_0 = 1 - \sin\phi = 0.426$

altezza di calcolo della parete:  $H = 4.6 \text{ m}$

Si ottiene quindi:

$$q_1 = 17.01 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{S1} = 78.26 \text{ kN/m}$$

- $q_2$  – spinta laterale statica del terreno

La pressione triangolare dovuta alla spinta del terreno in condizioni statiche è pari, alle diverse quote  $z$  (da testa parete), a:

$$q_{2(z)} = \gamma z k_0$$

e la spinta totale è pari a:

$$S_{S2} = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_0$$

Si ottiene quindi:

$$q_2 = 37.26 \text{ kN/m}^2 \text{ (quota base parete)}$$

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

$$S_{S2} = 85.71 \text{ kN/m}$$

- $q_3$  – spinta laterale dovuta alla presenza di un carico accidentale sulla copertura

Si considera la presenza di un carico accidentale adiacente alla copertura dello scatolare, pari a  $q_{acc}=20 \text{ kN/m}^2$ .

La pressione uniforme agente sulla parete è data quindi da:

$$q_3 = q_{acc} k_0$$

Si ottiene quindi:

$$q_3 = 8.5 \text{ kN/m}^2$$

- $q_4$  – incremento di spinta laterale del terreno in condizioni dinamiche

La sovraspinta dinamica  $\Delta S_D$ , viene calcolata secondo la metodologia di Wood, applicata a metà dell'altezza  $H$  della parete e pari a:

$$\Delta S_D = (a_g/g) S_S S_T \gamma H^2$$

dove i parametri sismici  $a_g$ ,  $S_S$  e  $S_T$  presi in considerazione sono riferiti al comune di Volpago del Montello, in cui è dislocata la vasca oggetto del calcolo; nel dettaglio i parametri assumono i seguenti valori:

accelerazione orizzontale:  $a_g = 0.372 \text{ g}$

coefficiente di amplificazione stratigrafica:  $S_S = 1.042$

coefficiente di amplificazione topografica:  $S_T = 1.00$

Nelle calcolazioni illustrate di seguito la sovraspinta  $\Delta S_D$  viene considerata distribuita come pressione uniforme  $q_4$  sulla parete.

Si ottiene:

$$\Delta S_D = 155.8 \text{ kN/m}$$

$$q_4 = 37.55 \text{ kN/m}^2$$

## 5.2 Analisi dei carichi – soletta di copertura

La soletta di copertura della vasca di laminazione è sottoposta ai seguenti carichi:

- $g_1$  – peso proprio

La soletta ha spessore pari a 40 cm, pertanto il carico viene calcolato considerando peso specifico  $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ . Si ottiene quindi:

$$g_1 = 10 \text{ kN/m}^2$$

- $q_1$  – peso del ricoprimento

Si considera la presenza, a favore di sicurezza, di uno strato di terreno di ricoprimento di spessore pari a 2.1 m, con peso specifico  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ .

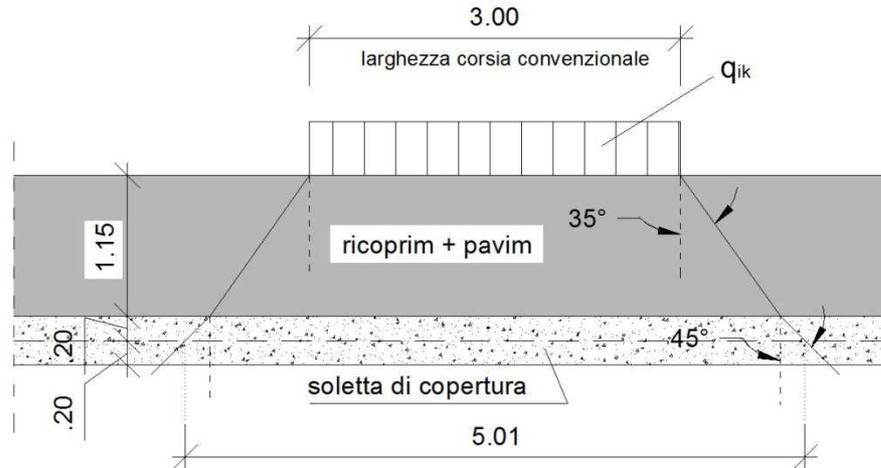
Si ottiene quindi:

$$g_2 = 39.9 \text{ kN/m}^2$$

- $q_3$  – accidentali

Poiché la vasca è situata al di sotto dell'area di accesso del casello di esazione si considera, in alternativa, la presenza di:

- un carico accidentale uniformemente distribuito, di valore  $q_3 = 20 \text{ kN/m}^2$ ;
- l'azione variabile da traffico rappresentata da uno Schema di Carico 1 in cui sono previste (compatibilmente alla larghezza della carreggiata) 3 corsie convenzionali, sulle quali insistono i carichi indicati al paragrafo 5.1.3.3.3 del D.M. 14 gennaio 2008; è da precisare che tali carichi sono stati applicati al modello opportunamente ridistribuiti per tener conto della loro diffusione attraverso il ricoprimento di spessore variabile da un max di 2.0m e un min di 0.3m (con angolo di diffusione pari a  $35^\circ$ ) e metà dello spessore della soletta di copertura (con angolo pari a  $45^\circ$ ), come meglio illustrato nello schema seguente (nel disegno le misure sono puramente descrittive e non corrispondono alla reale geometria della struttura).



I carichi tandem  $Q_{ik}$  sono stati ricondotti dapprima a carichi distribuiti con impronta 2.40 m x 1.60 m sul piano stradale e quindi ridistribuiti analogamente ai carichi  $q_{ik}$ , definendo due aree di applicazione del carico di 8.4 m x 7.6 m e 3.6 m x 2.8 m.

Sono state definite diverse condizioni di carico derivanti sia dalla permutazione delle colonne di carico trasversalmente sulla carreggiata, sia considerando i carichi tandem in corrispondenza della campata e sui bordi della copertura per massimizzarne gli effetti in termini di sollecitazioni flettenti e taglianti.

### 5.3 Combinazioni di carico e calcolo sollecitazioni

Si considerano i coefficienti di combinazione previsti per il caso A1+M1:

| Nr.         | A1 + M1    |                 |                  |                 |               |
|-------------|------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|
|             | 1          | 2               | 3                | 4               | 5             |
| <b>Tipo</b> | <b>SLU</b> | <b>SLE rara</b> | <b>SLE freq.</b> | <b>SLE q.p.</b> | <b>Eccez.</b> |
| g1          | 1.30       | 1.00            | 1.00             | 1.00            | 1.00          |
| q1          | 1.30       | 1.00            | 1.00             | 1.00            | 1.00          |
| q2          | 1.30       | 1.00            | 1.00             | 1.00            | 1.00          |
| q3 (q'3)    | 1.35       | 1.00            | 0.75             | 0.00            | 0.00          |
| q4          | 0.00       | 0.00            | 0.00             | 0.00            | 1.00          |

Il calcolo delle sollecitazioni è stato realizzato, tramite l'utilizzo del software Midas Civil ver. 2.1, un modello ad elementi finiti tridimensionale, comprendente pareti e soletta superiore (per geometria, disposizione e siglatura pareti vedere schema riportato di seguito). Le pareti sono incastrate nella soletta di fondazione e in copertura.

## 6. VERIFICA PARETI

### 6.1 Pareti laterali tipo A

Per i tratti di parete laterale che sono rompittrattati dai setti interni, dal modello di calcolo si ottengono le seguenti sollecitazioni, nelle due direzioni orizzontale e verticale:

#### Flessione e taglio in direzione orizzontale

|                                | <b>SLU</b> | <b>SLE<br/>rara</b> | <b>SLE<br/>freq.</b> | <b>SLE<br/>q.p.</b> | <b>Eccez.</b> |
|--------------------------------|------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| incastro con setti: Mx [kNm/m] | -49.0      | -30.9               | -26.8                | -25                 | -57.7         |
| Campata: Mx [kNm/m]            | 22.3       | 12.1                | 20.3                 | 15.7                | 25.2          |
| parete: Vmax [kN/m]            | 106.1      | -                   | -                    | -                   | 76.1          |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La parete è armata orizzontalmente con  $\Phi 14/20$  sul lato contro terra e  $\Phi 12/20$  sul lato interno della vasca. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

### SLU FLESSIONE

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -57.7000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | -71.2231 | 1.234 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = -71.2231 kNm      FS = 1.234  
 FSmin = 1.234

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 5**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 25.2000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 66.6433  | 2.645 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 66.6433 kNm      FS = 2.645  
 FSmin = 2.645

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 10**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -30.9000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 4.967 N/mmq       $\sigma_{f-max}$  = -1.852 N/mmq  
 $\sigma_{c-min}$  = -19.273 N/mmq       $\sigma_{f-min}$  = -196.985 N/mmq  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mmq

**Asse neutro**

Xc = 6.147 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 6.15 ) ( 0.00 ; 6.15 )

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 2**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 12.1000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 2.081 N/mmq       $\sigma_{f-max}$  = -9.293 N/mmq  
 $\sigma_{c-min}$  = -8.579 N/mmq       $\sigma_{f-min}$  = -95.104 N/mmq  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mmq

**Asse neutro**

Xc = 5.856 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 0.00 ; 24.14 ) ( 100.00 ; 24.14 )

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente – fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -26.8000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = -34.7913 kNm  
 Tensione acciaio      = -221.791 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -21.700 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 3000.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 Srm = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      Wlim = 0.300 mm

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 20.3000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = 34.6230 kNm  
 Tensione acciaio      = -272.131 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -24.547 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 3000.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 Srm = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      Wlim = 0.300 mm

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 8**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -25.0000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -34.7913$  kNm  
 Tensione acciaio      = -221.791 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -21.700 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 3000.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 S<sub>rm</sub> = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      W<sub>lim</sub> = 0.200 mm

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 4**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 15.7000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 34.6230$  kNm  
 Tensione acciaio      = -272.131 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -24.547 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 3000.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 S<sub>rm</sub> = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      W<sub>lim</sub> = 0.200 mm

**PARETE A ORIZ**      << >>      **Comb. n° 9**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

## SLU TAGLIO

### ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

|               |          |               |
|---------------|----------|---------------|
| $b_w$         | 100 cm   | base sezione  |
| $d$           | 23.1 cm  | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa    |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|          |                     |
|----------|---------------------|
| n° barre | 5                   |
| $\Phi$   | 14 mm               |
| $A_{sl}$ | 7.7 cm <sup>2</sup> |

|           |         |
|-----------|---------|
| $\rho_l$  | 0.00333 |
| $k$       | 1.93    |
| $v_{min}$ | 0.54    |

|               |          |
|---------------|----------|
| $V_{Rd\ min}$ | 124.9 kN |
| $V_{Rd}$      | 119.3 kN |

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>119.3 kN</b> | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>106.1 kN</b> | <b>Taglio sollecitante</b> |

$V_{Rd} > V_{Ed}$  --> **verifica soddisfatta**

Flessione e taglio in direzione verticale

|                                 | SLU    | SLE<br>rara | SLE<br>freq. | SLE<br>q.p. | Eccez. |
|---------------------------------|--------|-------------|--------------|-------------|--------|
| incastro con fond: My [kNm/m]   | -133.1 | -92.8       | -90.0        | -60.0       | -107.9 |
| campata: My [kNm/m]             | 33.9   | 19.1        | 26.5         | 21.6        | 51.2   |
| parete: V <sub>max</sub> [kN/m] | 127.8  | -           | -            | -           | 139.7  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La parete è armata verticalmente con  $\Phi 24/20$  sul lato contro terra e  $\Phi 12/20$ , sul lato interno vasca. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

## SLU flessione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
Mytot = -133.1000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm]  | FS    |
|--------|----------|-----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | -165.9295 | 1.247 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = -165.9295 kNm      FS = 1.247  
FSmin = 1.247

**PARETE A VERT**    << >>    **Comb. n° 1**    << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 33.9000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 63.3544  | 1.869 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 63.3544 kNm      FS = 1.869  
 FSmin = 1.869

**PARETE A VERT**    <<    >>    **Comb. n° 6**    <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -92.8000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 8.969 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 58.361 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min}$  = -20.901 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -229.884 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{mn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**  
 Xc = 9.008 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 9.01 ) ( 0.00 ; 9.01 )

**PARETE A VERT**    <<    >>    **Comb. n° 2**    <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      T<sub>y</sub> = 0.0000 kN      T<sub>x</sub> = 0.0000 kN

M<sub>ytot</sub> = 19.1000 kNm      M<sub>xtot</sub> = 0.0000 kNm      M<sub>t</sub> = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --

Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 2.894 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 0.566 N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{c-min}$  = -12.408 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -147.105 N/mm<sup>2</sup>

$\tau_{nn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**

X<sub>c</sub> = 5.674 cm      Inclinazione 0.000 °

Intersezioni ( 0.00 ; 24.33 ) ( 100.00 ; 24.33 )

**PARETE A VERT**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente – fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      T<sub>y</sub> = 0.0000 kN      T<sub>x</sub> = 0.0000 kN

M<sub>ytot</sub> = -90.0000 kNm      M<sub>xtot</sub> = 0.0000 kNm      M<sub>t</sub> = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --

Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni      Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      M<sub>y</sub> = -39.0121 kNm

Tensione acciaio      = -96.641 N/mm<sup>2</sup>

Tensione di trazione cls      = -8.787 N/mm<sup>2</sup>

Area efficace a trazione      = 1400.00 cm<sup>2</sup>

E<sub>psm</sub> (%)      = 0.0650

S<sub>rm</sub>      = 428.483 mm

W      = 0.278 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.300 mm

**PARETE A VERT**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 26.5000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 36.2715$  kNm  
 Tensione acciaio      = -279.356 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -23.564 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1275.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 S<sub>rm</sub> = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      W<sub>lim</sub> = 0.300 mm

**PARETE A VERT**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente – fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -60.0000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -39.0121$  kNm  
 Tensione acciaio      = -96.641 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -8.787 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1400.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0433  
 S<sub>rm</sub> = 428.483 mm  
 W = 0.186 mm      W<sub>lim</sub> = 0.200 mm

**PARETE A VERT**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 21.6000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = 36.2715 kNm  
 Tensione acciaio      = -279.356 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -23.564 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1275.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0000  
 Srm      = 0.000 mm  
 W      = 0.000 mm      Wlim      = 0.200 mm

**PARETE A VERT**      <<    >>      **Comb. n° 9**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

## SLU TAGLIO

## ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

|               |          |               |
|---------------|----------|---------------|
| $b_w$         | 100 cm   | base sezione  |
| $d$           | 25.5 cm  | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa    |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| n° barre | 5                     |
| $\Phi$   | 24 mm                 |
| $A_{sl}$ | 22.62 cm <sup>2</sup> |

|           |         |
|-----------|---------|
| $\rho_l$  | 0.00887 |
| $k$       | 1.89    |
| $V_{min}$ | 0.52    |

|               |          |
|---------------|----------|
| $V_{Rd\ min}$ | 133.1 kN |
| $V_{Rd}$      | 178.2 kN |

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>178.2 kN</b> | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>139.7 kN</b> | <b>Taglio sollecitante</b> |

 **$V_{Rd} > V_{Ed}$  --> verifica soddisfatta**

## 6.2 Pareti laterali tipo B

Per i tratti di parete laterale non contrastate da setti interni, dal modello di calcolo si ottengono le seguenti sollecitazioni, nelle due direzioni orizzontale e verticale:

### Flessione e taglio in direzione orizzontale

|                                 | SLU   | SLE<br>rara | SLE<br>freq. | SLE<br>q.p. | Eccez. |
|---------------------------------|-------|-------------|--------------|-------------|--------|
| incastro con setti: Mx [kNm/m]  | -49.1 | -25.1       | -28.4        | -23.6       | -58.6  |
| campata: M [kNm/m]              | 24.5  | 21.7        | 16.3         | 12.4        | 23.4   |
| parete: V <sub>max</sub> [kN/m] | 82.1  | -           | -            | -           | 105.5  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La parete è armata orizzontalmente con  $\Phi 14/20$  sul lato contro terra e  $\Phi 12/20$  sul lato interno della vasca. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

### SLU flessione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -58.6000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | -74.2535 | 1.267 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = -74.2535 kNm      FS = 1.267  
 FSmin = 1.267

**PARETE B ORIZZ**      << >>      **Comb. n° 5**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 24.5000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    **Dominio 3D**    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS           |
|--------|----------|----------|--------------|
| 0.0000 | 0.0000   | 57.9250  | <b>2.364</b> |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 57.9250 kNm      FS = 2.364  
 FSmin = 2.364

**PARETE B ORIZZ**    <<    >>    **Comb. n° 6**    <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara – tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -25.1000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni    Sollecitazioni ultime    **Dominio 3D**    Momento-Curvatura

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 3.328 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 9.886 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min}$  = -12.370 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -144.739 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{mn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**  
 Xc = 6.360 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 6.36 ) ( 0.00 ; 6.36 )

**PARETE B ORIZZ**    <<    >>    **Comb. n° 2**    <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 21.7000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max} = 3.261$  N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max} = 3.736$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min} = -14.114$  N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min} = -167.409$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{nn} = 0.000$  N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**

$X_c = 5.630$  cm      Inclinazione  $0.000^\circ$   
 Intersezioni (0.00 ; 24.37) (100.00 ; 24.37)

**PARETE B ORIZZ**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente – fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -28.4000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni      Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -35.8939$  kNm  
 Tensione acciaio      = -206.982 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -17.690 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1300.00 cm<sup>2</sup>

$E_{psm} (\%) = 0.0000$   
 $S_{rm} = 0.000$  mm  
 $W = 0.000$  mm       $W_{lim} = 0.300$  mm

**PARETE B ORIZZ**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 16.3000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 35.4604$  kNm  
 Tensione acciaio      = -273.566 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -23.065 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1275.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 Srm = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm       $W_{lim} = 0.300$  mm

**PARETE B ORIZZ**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE q. perm – fessurazione

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -23.6000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -35.8939$  kNm  
 Tensione acciaio      = -206.982 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -17.690 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1300.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 Srm = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm       $W_{lim} = 0.200$  mm

**PARETE B ORIZZ**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

| Sollecitazioni applicate                   |                    |                 |
|--|--------------------|-----------------|
| N = 0.0000 kN                              | Ty = 0.0000 kN     | Tx = 0.0000 kN  |
| Mytot = 12.4000 kNm                        | Mxtot = 0.0000 kNm | Mt = 0.0000 kNm |
| <b>Verifiche eseguite:</b> --              |                    |                 |
| Verifica tensionale (SLE Quasi permanente) |                    |                 |

| Verifica soddisfatta       |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| Momento prima fessurazione | My = 35.4604 kNm             |
| Tensione acciaio           | = -273.566 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione di trazione cls   | = -23.065 N/mm <sup>2</sup>  |
| Area efficace a trazione   | = 1275.00 cm <sup>2</sup>    |
| Epsm (%)                   | = 0.0000                     |
| Srm                        | = 0.000 mm                   |
| W                          | = 0.000 mm                   |
| Wlim                       | = 0.200 mm                   |

| PARETE B ORIZZ    | Comb. n° 9             |
|-------------------|------------------------|
| Sezione calcolata | Combinazione calcolata |

Chiudi Help

## SLU taglio

## ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

|               |          |               |
|---------------|----------|---------------|
| $b_w$         | 100 cm   | base sezione  |
| $d$           | 24.4 cm  | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa    |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|          |                     |
|----------|---------------------|
| n° barre | 5                   |
| $\Phi$   | 14 mm               |
| $A_{sl}$ | 7.7 cm <sup>2</sup> |

|           |         |
|-----------|---------|
| $\rho_l$  | 0.00315 |
| k         | 1.91    |
| $v_{min}$ | 0.53    |

|               |          |
|---------------|----------|
| $V_{Rd, min}$ | 122.1 kN |
| $V_{Rd}$      | 129.4 kN |

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>129.4 kN</b> | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>105.5 kN</b> | <b>Taglio sollecitante</b> |

 $V_{Rd} > V_{Ed}$  --> **verifica soddisfatta**

Flessione e taglio in direzione verticale

|                                     | SLU   | SLE<br>rara | SLE<br>freq. | SLE<br>q.p. | Eccez. |
|-------------------------------------|-------|-------------|--------------|-------------|--------|
| incastro con soletta: $M_y$ [kNm/m] | -98.4 | -72.6       | -70.4        | -54.6       | -73.7  |
| campata: $M_y$ [kNm/m]              | 34.9  | 13.4        | 20.5         | 16.9        | 53.9   |
| parete: $V_{max}$ [kN/m]            | 138.1 | -           | -            | -           | 164.0  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La parete è armata verticalmente con  $\Phi 12/20$  sia sul lato interno e  $\Phi 22/20$  sul lato contro terra. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

## SLU flessione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -98.4000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:**      Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

|   | N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm]  | FS    |
|---|--------|----------|-----------|-------|
| ▶ | 0.0000 | 0.0000   | -165.9295 | 1.686 |

N = 0.0000 kN       $M_x = 0.0000$  kNm       $M_y = -165.9295$  kNm      FS = 1.686  
 FSmin = 1.686

**PARETE B VERT**      <<    >>      **Comb. n° 1**      <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 53.9000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:**      Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 63.3544  | 1.175 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 63.3544 kNm      FS = 1.175  
 FSmin = 1.175

**PARETE B VERT**      <<    >>      **Comb. n° 10**      <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -72.6000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:**      ..  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max} = 7.016 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_{f-max} = 45.657 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{c-min} = -16.352 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_{f-min} = -179.844 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{mn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$

**Asse neutro**

Xc = 9.008 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 9.01 ) ( 0.00 ; 9.01 )

**PARETE B VERT**      <<    >>      **Comb. n° 2**      <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 13.4000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 2.031 N/mmq       $\sigma_{f-max}$  = 0.397 N/mmq  
 $\sigma_{c-min}$  = -8.705 N/mmq       $\sigma_{f-min}$  = -103.204 N/mmq  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mmq

**Asse neutro**

Xc = 5.674 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 0.00 ; 24.33 ) ( 100.00 ; 24.33 )

**PARETE B VERT**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -70.4000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni      Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = -39.0121 kNm  
 Tensione acciaio = -96.641 N/mmq  
 Tensione di trazione cls = -8.787 N/mmq  
 Area efficace a trazione = 1400.00 cmq

Epsm (%) = 0.0508  
 Srm = 428.483 mm  
 W = 0.218 mm      Wlim = 0.300 mm

**PARETE B VERT**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 20.5000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 36.2715$  kNm  
 Tensione acciaio      = -279.356 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -23.564 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1275.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 S<sub>rm</sub> = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      W<sub>lim</sub> = 0.300 mm

**PARETE B VERT**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE q. perm - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -54.6000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -39.0121$  kNm  
 Tensione acciaio      = -96.641 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -8.787 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1400.00 cm<sup>2</sup>

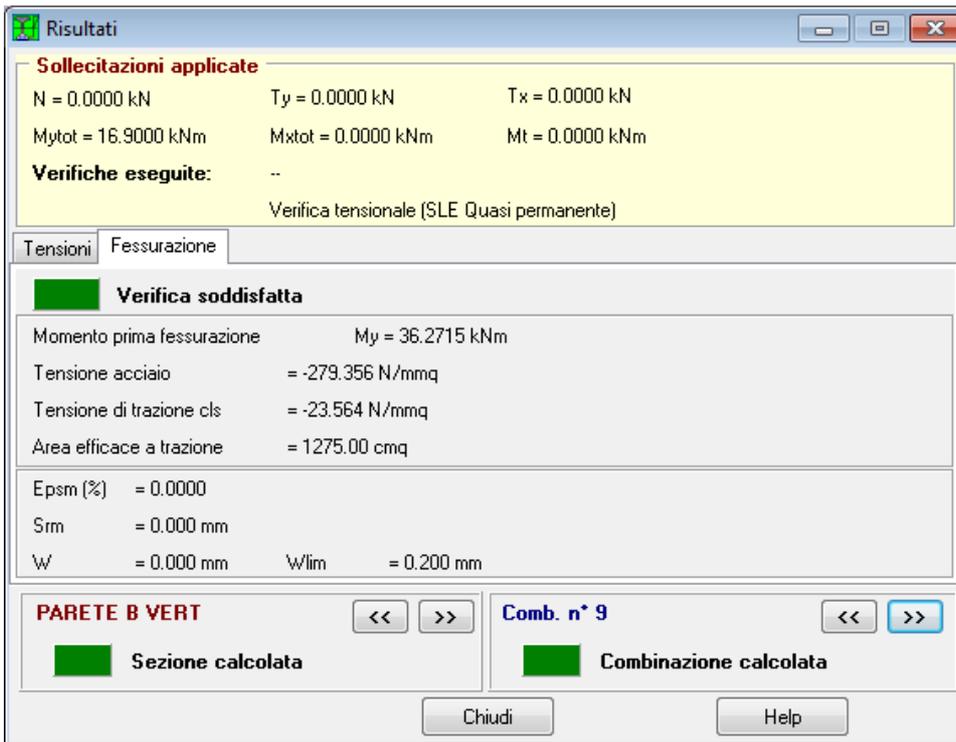
Epsm (%) = 0.0394  
 S<sub>rm</sub> = 428.483 mm  
 W = 0.169 mm      W<sub>lim</sub> = 0.200 mm

**PARETE B VERT**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*



SLU taglio

**ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO**

|               |          |               |
|---------------|----------|---------------|
| $b_w$         | 100 cm   | base sezione  |
| $d$           | 25.5 cm  | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa    |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| n° barre | 5                     |
| $\Phi$   | 22 mm                 |
| $A_{sl}$ | 19.01 cm <sup>2</sup> |

|           |         |
|-----------|---------|
| $\rho_l$  | 0.00745 |
| k         | 1.89    |
| $V_{min}$ | 0.52    |

|               |          |
|---------------|----------|
| $V_{Rd\ min}$ | 168.1 kN |
| $V_{Rd}$      | 133.1 kN |

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>168.1 kN</b> | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>164.0 kN</b> | <b>Taglio sollecitante</b> |

$V_{Rd} > V_{Ed}$  --> **verifica soddisfatta**

## 7. VERIFICA SOLETTA DI COPERTURA

Per la soletta superiore, dal modello di calcolo si ottengono le seguenti sollecitazioni, nelle due direzioni trasversale (lato corto vasca) e longitudinale (lato lungo vasca):

Flessione e taglio in direzione trasversale:

|                            |                  | SLU   | SLE rara | SLE freq. | SLE q.p. | Eccez. |
|----------------------------|------------------|-------|----------|-----------|----------|--------|
| incastro con pareti/setti: | M [kNm/m]        | -92.0 | -67.3    | -57.3     | -50.9    | -66.1  |
| campata:                   | M [kNm/m]        | 92.4  | 70.8     | 57.1      | 50.1     | 45.6   |
| soletta:                   | $V_{max}$ [kN/m] | 233.3 | -        | -         | -        | 124.8  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La soletta è armata trasversalmente con  $\Phi 16/20$  all'estradosso e  $\Phi 14/20$  all'intradosso.

E' necessario disporre un'armatura a taglio equivalente a 4 braccia  $\Phi 14/50$  (a metro di soletta), in corrispondenza degli appoggi sui setti interni e sulle pareti laterali. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

### SLU flessione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -92.0000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

|   | N [kN] | $M_x$ [kNm] | $M_y$ [kNm] | FS           |
|---|--------|-------------|-------------|--------------|
| ▶ | 0.0000 | 0.0000      | -128.8978   | <b>1.401</b> |

N = 0.0000 kN       $M_x = 0.0000$  kNm       $M_y = -128.8978$  kNm      FS = 1.401  
 FSmin = 1.401

**COPERTURA Y**    << >>    **Comb. n° 1**    << >>

■ Sezione calcolata    ■ Combinazione calcolata

Chiudi    Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 92.4000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 106.6003 | 1.154 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 106.6003 kNm      FS = 1.154  
 FSmin = 1.154

**COPERTURA Y**    <<    >>    **Comb. n° 6**    <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -67.3000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** ..  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 5.310 N/mmq       $\sigma_{f-max}$  = 9.183 N/mmq  
 $\sigma_{c-min}$  = -20.084 N/mmq       $\sigma_{f-min}$  = -227.938 N/mmq  
 $\tau_{mn}$  = 0.000 N/mmq

**Asse neutro**  
 Xc = 8.364 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 8.36 ) ( 0.00 ; 8.36 )

**COPERTURA Y**    <<    >>    **Comb. n° 2**    <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 70.8000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max} = 6.210$  N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max} = -1.064$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min} = -26.419$  N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min} = -305.743$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{nn} = 0.000$  N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**

$X_c = 7.613$  cm      Inclinazione  $0.000^\circ$   
 Intersezioni ( 0.00 ; 32.39 ) ( 100.00 ; 32.39 )

**COPERTURA Y**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -57.3000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni      Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -63.1922$  kNm  
 Tensione acciaio      = -214.025 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -18.858 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1925.00 cm<sup>2</sup>

$E_{psm} (\%) = 0.0000$   
 $S_{rm} = 0.000$  mm  
 $W = 0.000$  mm       $W_{lim} = 0.300$  mm

**COPERTURA Y**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 57.1000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 62.6024$  kNm  
 Tensione acciaio      = -270.342 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -23.360 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 4000.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0000  
 S<sub>rm</sub>      = 0.000 mm  
 W      = 0.000 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.300 mm

**COPERTURA Y**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente - fessurazione

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -50.9000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -63.1922$  kNm  
 Tensione acciaio      = -214.025 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -18.858 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1925.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0000  
 S<sub>rm</sub>      = 0.000 mm  
 W      = 0.000 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.200 mm

**COPERTURA Y**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      T<sub>y</sub> = 0.0000 kN      T<sub>x</sub> = 0.0000 kN  
M<sub>ytot</sub> = 50.1000 kNm      M<sub>xtot</sub> = 0.0000 kNm      M<sub>t</sub> = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      M<sub>y</sub> = 62.6024 kNm  
Tensione acciaio      = -270.342 N/mm<sup>2</sup>  
Tensione di trazione cls      = -23.360 N/mm<sup>2</sup>  
Area efficace a trazione      = 4000.00 cm<sup>2</sup>

E<sub>psm</sub> (%)      = 0.0000  
S<sub>rm</sub>      = 0.000 mm  
W      = 0.000 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.200 mm

**COPERTURA Y**      <<    >>      **Comb. n° 9**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

## SLU taglio

## ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

|                 |           |               |
|-----------------|-----------|---------------|
| b <sub>w</sub>  | 100 cm    | base sezione  |
| d               | 35.5 cm   | altezza utile |
| σ <sub>cp</sub> | 0 MPa     |               |
| f <sub>ck</sub> | 32 MPa    |               |
| f <sub>yd</sub> | 391.0 MPa |               |

## armatura longitudinale tesa

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| n° barre        | 5                   |
| Φ               | 14 mm               |
| A <sub>sl</sub> | 7.7 cm <sup>2</sup> |

## staffe

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| n° bracci          | 4                            |
| Φ staffe           | 14 mm                        |
| passo              | 50 cm                        |
| A <sub>sw</sub>    | 6.16 cm <sup>2</sup> /staffe |
| A <sub>sw</sub> /s | 0.123 cm <sup>2</sup> /cm    |

|                  |          |
|------------------|----------|
| f' <sub>cd</sub> | 9.41 MPa |
| alfa             | 90       |
| alfaC            | 1        |

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo* $V_{Rcd} = 1036.4 \text{ kN}$  $V_{Rsd} = 384.9 \text{ kN}$ 

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>384.9</b> kN | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>278.4</b> kN | <b>Taglio sollecitante</b> |

 $V_{Rd} > V_{Ed} \rightarrow$  **verifica soddisfatta**Flessione e taglio in direzione longitudinale:

|                      |                  | SLU    | SLE rara | SLE freq. | SLE q.p. | Eccez. |
|----------------------|------------------|--------|----------|-----------|----------|--------|
| incastro con pareti: | M [kNm/m]        | -225.0 | -172.5   | -159.1    | -111.4   | -129.7 |
| campata:             | M [kNm/m]        | 196.4  | 149.9    | 138.6     | 90.0     | 98.7   |
| soletta:             | $V_{max}$ [kN/m] | 233.3  | -        | -         | -        | 124.8  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La soletta è armata longitudinalmente con  $\Phi 24/20$  all'intradosso e  $\Phi 22/20$  all'estradosso. E' necessario disporre un'armatura a taglio equivalente a 4 braccia  $\Phi 14/50$  (a metro di soletta), in corrispondenza degli incastri sui setti interni e sulle pareti laterali. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

SLU flessione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -225.0000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm]  | FS    |
|--------|----------|-----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | -280.2514 | 1.246 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = -280.2514 kNm      FS = 1.246  
 FSmin = 1.246

**COPERTURA X**      << >>      **Comb. n° 1**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 196.4000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 239.1830 | 1.218 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 239.1830 kNm      FS = 1.218  
 FSmin = 1.218

**COPERTURA X**      << >>      **Comb. n° 6**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -172.5000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 8.145 N/mmq       $\sigma_{f-max}$  = 60.992 N/mmq  
 $\sigma_{c-min}$  = -20.991 N/mmq       $\sigma_{f-min}$  = -252.584 N/mmq  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mmq

**Asse neutro**

Xc = 11.182 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 11.18 ) ( 0.00 ; 11.18 )

**COPERTURA X**      << >>      **Comb. n° 2**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 149.9000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 7.383 N/mmq       $\sigma_{f-max}$  = 49.480 N/mmq  
 $\sigma_{c-min}$  = -21.280 N/mmq       $\sigma_{f-min}$  = -259.002 N/mmq  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mmq

**Asse neutro**

Xc = 10.303 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 0.00 ; 29.70 ) ( 100.00 ; 29.70 )

**COPERTURA X**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -159.1000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = -73.0411 kNm  
 Tensione acciaio      = -106.951 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -8.888 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1425.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0715  
 Srm      = 410.035 mm  
 W      = 0.293 mm      Wlim      = 0.300 mm

**COPERTURA X**      <<    >>      **Comb. n° 3**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 138.6000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = 71.8716 kNm  
 Tensione acciaio      = -124.182 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -10.203 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1400.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0698  
 Srm      = 428.483 mm  
 W      = 0.299 mm      Wlim      = 0.300 mm

**COPERTURA X**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -111.4000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -73.0411$  kNm  
 Tensione acciaio      = -106.951 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -8.888 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1425.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0475  
 S<sub>rm</sub>      = 410.035 mm  
 W      = 0.195 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.200 mm

**COPERTURA X**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 90.0000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 71.8716$  kNm  
 Tensione acciaio      = -124.182 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -10.203 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1400.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0453  
 S<sub>rm</sub>      = 428.483 mm  
 W      = 0.194 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.200 mm

**COPERTURA X**      <<    >>      **Comb. n° 9**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

## SLU taglio

### ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

|               |           |               |
|---------------|-----------|---------------|
| $b_w$         | 100 cm    | base sezione  |
| $d$           | 35.5 cm   | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa     |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa  |               |
| $f_{yd}$      | 391.0 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|          |                      |
|----------|----------------------|
| n° barre | 5                    |
| $\Phi$   | 22 mm                |
| $A_{sl}$ | 19.1 cm <sup>2</sup> |

staffe

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| n° bracci     | 4                            |
| $\Phi$ staffe | 14 mm                        |
| passo         | 50 cm                        |
| $A_{sw}$      | 6.16 cm <sup>2</sup> /staffe |
| $A_{sw}/s$    | 0.123 cm <sup>2</sup> /cm    |

|           |          |
|-----------|----------|
| $f'_{cd}$ | 9.41 MPa |
| alfa      | 90       |
| alfaC     | 1        |

|           |           |
|-----------|-----------|
| $V_{Rcd}$ | 1036.4 kN |
| $V_{Rsd}$ | 384.9 kN  |

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>384.9 kN</b> | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>233.3 kN</b> | <b>Taglio sollecitante</b> |

$V_{Rd} > V_{Ed}$  --> **verifica soddisfatta**

## 8. VERIFICA SOLETTA DI FONDAZIONE

Per la soletta inferiore, dal modello di calcolo si ottengono le seguenti sollecitazioni, nelle due direzioni trasversale (lato corto vasca) e longitudinale (lato lungo vasca):

Flessione e taglio in direzione trasversale:

|                            |                  | SLU    | SLE rara | SLE freq. | SLE q.p. | Eccez. |
|----------------------------|------------------|--------|----------|-----------|----------|--------|
| incastro con pareti/setti: | M [kNm/m]        | -112.4 | -85.7    | -80.3     | -64.2    | -76.5  |
| campata:                   | M [kNm/m]        | 140.4  | 106.7    | 100.3     | 80.1     | 138.2  |
| soletta:                   | $V_{max}$ [kN/m] | 422.7  | -        | -         | -        | 324.9  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La soletta è armata trasversalmente con  $\Phi 14/20$  all'estradosso e  $\Phi 18/20$  all'intradosso.

E' necessario disporre un'armatura a taglio equivalente a 2.5 braccia  $\Phi 16/40$  (a metro di soletta), in corrispondenza degli appoggi sui setti interni e sulle pareti laterali. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

### SLU flessione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -112.4000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

|   | N [kN] | $M_x$ [kNm] | $M_y$ [kNm] | FS    |
|---|--------|-------------|-------------|-------|
| ▶ | 0.0000 | 0.0000      | -134.9595   | 1.201 |

N = 0.0000 kN       $M_x = 0.0000$  kNm       $M_y = -134.9595$  kNm      FS = 1.201  
 FSmin = 1.201

**FONDAZIONE Y**    << >>    **Comb. n° 1**    << >>

Sezione calcolata    Combinazione calcolata

Chiudi    Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 140.4000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:**      Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    **Dominio 3D**    Momento-Curvatura

|   | <b>N [kN]</b> | <b>Mx [kNm]</b> | <b>My [kNm]</b> | <b>FS</b>    |
|---|---------------|-----------------|-----------------|--------------|
| ▶ | 0.0000        | 0.0000          | 204.2471        | <b>1.455</b> |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 204.2471 kNm      FS = 1.455  
 FSmin = 1.455

**FONDAZIONE Y**      <<    >>      **Comb. n° 6**      <<    >>

**Sezione calcolata**       **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -85.7000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:**      ..  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

**Tensioni**

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 4.760 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 7.265 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min}$  = -22.646 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -280.494 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{mn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**  
 Xc = 8.684 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 8.68 ) ( 0.00 ; 8.68 )

**FONDAZIONE Y**      <<    >>      **Comb. n° 2**      <<    >>

**Sezione calcolata**       **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      T<sub>y</sub> = 0.0000 kN      T<sub>x</sub> = 0.0000 kN  
 M<sub>ytot</sub> = 106.7000 kNm      M<sub>xtot</sub> = 0.0000 kNm      M<sub>t</sub> = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 4.890 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 23.598 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min}$  = -18.144 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -218.262 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**

X<sub>c</sub> = 10.615 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 0.00 ; 39.39 ) ( 100.00 ; 39.39 )

**FONDAZIONE Y**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      T<sub>y</sub> = 0.0000 kN      T<sub>x</sub> = 0.0000 kN  
 M<sub>ytot</sub> = -80.3000 kNm      M<sub>xtot</sub> = 0.0000 kNm      M<sub>t</sub> = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni      Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      M<sub>y</sub> = -98.4564 kNm  
 Tensione acciaio      = -322.246 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -26.017 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1800.00 cm<sup>2</sup>

E<sub>psm</sub> (%) = 0.0000  
 S<sub>rm</sub> = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      W<sub>lim</sub> = 0.300 mm

**FONDAZIONE Y**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 91.3000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = 100.2956 kNm  
 Tensione acciaio      = -205.161 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -17.055 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1950.00 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0000  
 Srm      = 0.000 mm  
 W      = 0.000 mm      Wlim      = 0.300 mm

**FONDAZIONE Y**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente - fessurazione

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -64.2000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione      My = -98.4564 kNm  
 Tensione acciaio      = -322.246 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -26.017 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1800.00 cm<sup>2</sup>

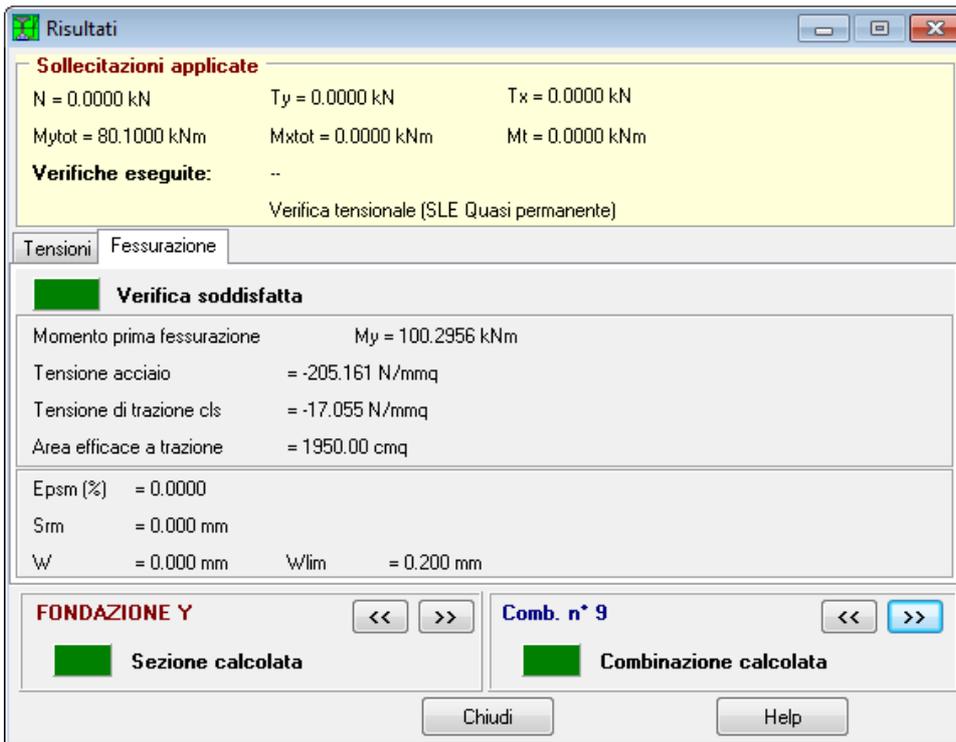
Epsm (%)      = 0.0000  
 Srm      = 0.000 mm  
 W      = 0.000 mm      Wlim      = 0.200 mm

**FONDAZIONE Y**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*



SLU taglio

**ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

|                 |           |               |
|-----------------|-----------|---------------|
| b <sub>w</sub>  | 100 cm    | base sezione  |
| d               | 45.5 cm   | altezza utile |
| σ <sub>cp</sub> | 0 MPa     |               |
| f <sub>ck</sub> | 33.2 MPa  |               |
| f <sub>yd</sub> | 391.0 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| n° barre        | 5                     |
| Φ               | 24 mm                 |
| A <sub>sl</sub> | 22.62 cm <sup>2</sup> |

staffe

|                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| n° bracci          | 2                            |
| Φ staffe           | 16 mm                        |
| passo              | 40 cm                        |
| A <sub>sw</sub>    | 5.03 cm <sup>2</sup> /staffe |
| A <sub>sw</sub> /s | 0.125 cm <sup>2</sup> /cm    |

|                  |          |
|------------------|----------|
| f' <sub>cd</sub> | 9.41 MPa |
| alfa             | 90       |
| alfaC            | 1        |

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo* $V_{Rcd} = 1328.3 \text{ kN}$  $V_{Rsd} = 503.4 \text{ kN}$ 

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>503.4</b> kN | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>422.7</b> kN | <b>Taglio sollecitante</b> |

 $V_{Rd} > V_{Ed} \rightarrow$  **verifica soddisfatta**Flessione e taglio in direzione longitudinale:

|                      |                  | SLU    | SLE rara | SLE freq. | SLE q.p. | Eccez. |
|----------------------|------------------|--------|----------|-----------|----------|--------|
| incastro con pareti: | M [kNm/m]        | -160.6 | -122.7   | -114.7    | -92.1    | -94.5  |
| campata:             | M [kNm/m]        | 287.8  | 219.7    | 205.3     | 145.0    | 201.0  |
| soletta:             | $V_{max}$ [kN/m] | 343.2  | -        | -         | -        | 232.0  |

nota: per la verifica a SLU si prenderanno in considerazione i valori maggiori risultanti dalla combinazione SLU e quella Eccezionale (sismica)

La soletta è armata longitudinalmente con  $\Phi 24/20$  all'intradosso e  $\Phi 20/20$  all'estradosso. E' necessario disporre un'armatura a taglio equivalente a 4 braccia  $\Phi 14/50$  (a metro di soletta), in corrispondenza degli incastri sui setti interni e sulle pareti laterali. Si riportano le verifiche a flessione e taglio:

SLU flessione

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -160.6000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm  
**Verifiche eseguite:**      Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm]  | FS    |
|--------|----------|-----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | -260.4559 | 1.622 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = -260.4559 kNm      FS = 1.622  
 FSmin = 1.622

**FONDAZIONE X**      <<    >>      **Comb. n° 1**      <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 287.8000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm  
**Verifiche eseguite:**      Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 367.2805 | 1.276 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 367.2805 kNm      FS = 1.276  
 FSmin = 1.276

**FONDAZIONE X**      <<    >>      **Comb. n° 6**      <<    >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = -122.7000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 4.250 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 30.799 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min}$  = -15.023 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -193.539 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**

Xc = 11.027 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 100.00 ; 11.03 ) ( 0.00 ; 11.03 )

**FONDAZIONE X**      << >>      **Comb. n° 2**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 219.7000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c-max}$  = 6.932 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-max}$  = 60.697 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_{c-min}$  = -19.298 N/mm<sup>2</sup>       $\sigma_{f-min}$  = -244.615 N/mm<sup>2</sup>  
 $\tau_{nn}$  = 0.000 N/mm<sup>2</sup>

**Asse neutro**

Xc = 13.214 cm      Inclinazione 0.000 °  
 Intersezioni ( 0.00 ; 36.79 ) ( 100.00 ; 36.79 )

**FONDAZIONE X**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente - fessurazione

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -114.7000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -108.5785$  kNm  
 Tensione acciaio      =  $-171.265$  N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      =  $-13.294$  N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      =  $1375.00$  cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      =  $0.0527$   
 $S_{rm} = 450.620$  mm  
 $W = 0.238$  mm       $W_{lim} = 0.300$  mm

**FONDAZIONE X**      <<    >>      **Comb. n° 3**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 205.3000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 111.6660$  kNm  
 Tensione acciaio      =  $-124.330$  N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      =  $-9.808$  N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      =  $1425.00$  cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      =  $0.0694$   
 $S_{rm} = 410.035$  mm  
 $W = 0.284$  mm       $W_{lim} = 0.300$  mm

**FONDAZIONE X**      <<    >>      **Comb. n° 8**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente - fessurazione

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = -92.1000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -108.5785$  kNm  
 Tensione acciaio      =  $-171.265$  N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      =  $-13.294$  N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      =  $1375.00$  cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0000  
 S<sub>rm</sub> = 0.000 mm  
 W = 0.000 mm      W<sub>lim</sub> = 0.200 mm

**FONDAZIONE X**      <<    >>      **Comb. n° 4**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{ytot} = 145.0000$  kNm       $M_{xtot} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 111.6660$  kNm  
 Tensione acciaio      =  $-124.330$  N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      =  $-9.808$  N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      =  $1425.00$  cm<sup>2</sup>

Epsm (%) = 0.0470  
 S<sub>rm</sub> = 410.035 mm  
 W = 0.193 mm      W<sub>lim</sub> = 0.200 mm

**FONDAZIONE X**      <<    >>      **Comb. n° 9**      <<    >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**SLU taglio****ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

|               |           |               |
|---------------|-----------|---------------|
| $b_w$         | 100 cm    | base sezione  |
| $d$           | 45.5 cm   | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa     |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa  |               |
| $f_{yd}$      | 391.0 MPa |               |

armatura longitudinale tesa

|          |                      |
|----------|----------------------|
| n° barre | 5                    |
| $\Phi$   | 24 mm                |
| $A_{sl}$ | 22.6 cm <sup>2</sup> |

staffe

|               |                              |
|---------------|------------------------------|
| n° bracci     | 2.5                          |
| $\Phi$ staffe | 16 mm                        |
| passo         | 40 cm                        |
| $A_{sw}$      | 5.03 cm <sup>2</sup> /staffe |
| $A_{sw}/s$    | 0.125 cm <sup>2</sup> /cm    |

|           |          |
|-----------|----------|
| $f'_{cd}$ | 9.41 MPa |
| alfa      | 90       |
| alfaC     | 1        |

|           |           |
|-----------|-----------|
| $V_{Rcd}$ | 1328.3 kN |
| $V_{Rsd}$ | 503.4 kN  |

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>503.4 kN</b> | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>343.2 kN</b> | <b>Taglio sollecitante</b> |

 **$V_{Rd} > V_{Ed}$  --> verifica soddisfatta**

## 9. DIMENSIONAMENTO TRAVI FRA SETTI INTERNI

### 9.1 Analisi dei carichi

Le travi poste sopra le aperture dei setti interni fungono da sostegno per la soletta di copertura delle vasche. La luce massima delle travi è pari a 6.1 m.

Le travi sono sottoposte ai seguenti carichi:

- $g_1$  – peso proprio trave (parte intradossata)

La parte di trave intradossata rispetto alla soletta ha dimensioni pari a 30 cm x 50 cm, pertanto il carico a metro lineare viene calcolato considerando peso specifico  $\gamma=25$  kN/m<sup>3</sup>. Si ottiene quindi:

$$g_1 = 3.75 \text{ kN/m}$$

- $g_{1a}$  – peso proprio soletta di copertura

Il peso della soletta di copertura agente sulla trave si ricava considerando l'area di influenza della stessa. Pertanto, il carico a metro lineare deriva da:

$$g_{1a} = p L$$

dove  $p$  è il peso a metro quadrato della soletta ed  $L$  interasse delle travi, che è pari alla luce di calcolo della soletta in direzione trasversale ( $L = 6.1$  m). Si ottiene quindi:

$$g_{1a} = 61.00 \text{ kN/m}$$

- $g_2$  – peso del ricoprimento

Il peso dello strato di ricoprimento (si veda capitolo precedente) si ricava considerando l'area di influenza. Pertanto, il carico a metro lineare deriva da:

$$g_2 = p_{ricop} L$$

dove  $p_{ricop}$  è il peso a metro quadrato del terreno di ricoprimento e  $L$  l'interasse travi. Si ottiene quindi:

$$g_2 = 243.4 \text{ kN/m}^2$$

- $q_1$  – accidentali

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

Si considera la presenza del carico accidentale  $q = 20 \text{ kN/m}^2$ . Il carico sulla trave si ricava considerando l'area di influenza. Pertanto, il carico a metro lineare deriva da:

$$q_1 = q L$$

dove L è l'interasse travi. Si ottiene quindi:

$$q_1 = 122.00 \text{ kN/m}^2$$

## 9.2 Combinazioni di carico e calcolo sollecitazioni

Si considerano i coefficienti di combinazione previsti per il caso A1+M1:

| Nr.         | A1 + M1    |                 |                 |               |
|-------------|------------|-----------------|-----------------|---------------|
|             | 1          | 2               | 3               | 4             |
| <b>Tipo</b> | <b>SLU</b> | <b>SLE rara</b> | <b>SLE freq</b> | <b>SLE qp</b> |
| g1          | 1.30       | 1.00            | 1.00            | 1.00          |
| g1a         | 1.30       | 1.00            | 1.00            | 1.00          |
| g2          | 1.30       | 1.00            | 1.00            | 1.00          |
| q1          | 1.35       | 1.00            | 0.75            | 0.00          |

Per il calcolo delle sollecitazioni, si considera uno schema statico di trave doppiamente incastrata nei setti adiacenti.

### TRAVI INTERMEDIE TRA I SETTI

#### GEOMETRIA

|   |        |                        |
|---|--------|------------------------|
| b | 0.30 m | <i>Base</i>            |
| h | 0.90 m | <i>Altezza</i>         |
| L | 3.00 m | <i>Luce di calcolo</i> |

#### ANALISI DEI CARICHI

##### Carichi Permanenti

|          |            |  |
|----------|------------|--|
| $G_1$    | 3.75 kN/m  | <i>Peso proprio trave (parte intradossata)</i> |
| $G_{1a}$ | 61.00 kN/m | <i>Peso proprio soletta</i>                    |
| $G_2$    | 243.4 kN/m | <i>Peso ricoprimento</i>                       |

##### Sovraccarichi Accidentali

|       |             |                    |
|-------|-------------|--------------------|
| $Q_1$ | 122.00 kN/m | <i>Accidentale</i> |
|-------|-------------|--------------------|

**CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI****Sezioni di verifica**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1 | <i>In appoggio (Max. V)</i> |
| 2 | <i>In campata (Max. M)</i>  |

**Sollecitazioni casi di carico**

| Carico                | Sezione 1 - incastro |        | Sezione 2 - campata |        |
|-----------------------|----------------------|--------|---------------------|--------|
|                       | M [kNm]              | V [kN] | M [kNm]             | V [kN] |
| <b>G<sub>1</sub></b>  | -2.8                 | 5.6    | 1.4                 | 0.0    |
| <b>G<sub>1a</sub></b> | -45.8                | 91.5   | 22.9                | 0.0    |
| <b>G<sub>2</sub></b>  | -182.5               | 365.1  | 91.3                | 0.0    |
| <b>Q<sub>1</sub></b>  | -91.5                | 183.0  | 45.8                | 0.0    |

**Riassunto sollecitazioni**

| Soll.           | Sezione 1 - incastro |        | Sezione 2 - campata |        |
|-----------------|----------------------|--------|---------------------|--------|
|                 | M [kNm]              | V [kN] | M [kNm]             | V [kN] |
| <b>SLU</b>      | -424.0               | 847.9  | 212.0               | 0.0    |
| <b>SLE r.</b>   | -322.6               | 645.2  | 161.3               | 0.0    |
| <b>SLE fr.</b>  | -299.7               | 599.5  | 149.9               | 0.0    |
| <b>SLE q.p.</b> | -231.1               | 462.2  | 115.6               | 0.0    |

**9.3 Verifiche**

Si considera la trave rettangolare con sezione 30 cm x 90 cm. L'armatura è costituita da due strati di 4Φ18 all'estradosso ed uno strato 4Φ18 all'intradosso. Si predispone una staffatura costituita da 2 bracci Φ14/10.

SLU flessione

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 846.5000 kN  
 Mytot = -424.0000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Taglio    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm]  | FS    |
|--------|----------|-----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | -750.9963 | 1.771 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = -750.9963 kNm      FS = 1.771  
 FSmin = 1.771

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 1**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**  
 N = 0.0000 kN      Ty = 0.0000 kN      Tx = 0.0000 kN  
 Mytot = 212.0000 kNm      Mxtot = 0.0000 kNm      Mt = 0.0000 kNm

**Verifiche eseguite:** Verifica di dominio (SLU)  
 ..

Sollecitazioni ultime    Dominio 3D    Momento-Curvatura

| N [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | FS    |
|--------|----------|----------|-------|
| 0.0000 | 0.0000   | 538.7156 | 2.541 |

N = 0.0000 kN      Mx = 0.0000 kNm      My = 538.7156 kNm      FS = 2.541  
 FSmin = 2.541

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 2**      << >>

Sezione calcolata       Combinazione calcolata

Chiudi      Help

SLE rara - tensioni

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

$N = 0.0000 \text{ kN}$        $T_y = 0.0000 \text{ kN}$        $T_x = 644.1000 \text{ kN}$   
 $M_{y\text{tot}} = -322.6000 \text{ kNm}$        $M_{x\text{tot}} = 0.0000 \text{ kNm}$        $M_t = 0.0000 \text{ kNm}$

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c\text{-max}} = 7.512 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_{f\text{-max}} = 92.595 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{c\text{-min}} = -14.808 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_{f\text{-min}} = -202.028 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$

**Asse neutro**

$X_c = 30.291 \text{ cm}$       Inclinazione  $0.000^\circ$   
 Intersezioni ( 30.00 ; 30.29 ) ( 0.00 ; 30.29 )

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 3**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

$N = 0.0000 \text{ kN}$        $T_y = 0.0000 \text{ kN}$        $T_x = 0.0000 \text{ kN}$   
 $M_{y\text{tot}} = 161.3000 \text{ kNm}$        $M_{x\text{tot}} = 0.0000 \text{ kNm}$        $M_t = 0.0000 \text{ kNm}$

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Rara)

Tensioni

**Verifica soddisfatta**

**Tensioni cls e armatura**

$\sigma_{c\text{-max}} = 3.948 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_{f\text{-max}} = 46.072 \text{ N/mm}^2$   
 $\sigma_{c\text{-min}} = -10.656 \text{ N/mm}^2$        $\sigma_{f\text{-min}} = -146.702 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{nn} = 0.000 \text{ N/mm}^2$

**Asse neutro**

$X_c = 24.329 \text{ cm}$       Inclinazione  $0.000^\circ$   
 Intersezioni ( 0.00 ; 65.67 ) ( 30.00 ; 65.67 )

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 4**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE frequente

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{y\text{tot}} = 149.9000$  kNm       $M_{x\text{tot}} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 121.6999$  kNm  
 Tensione acciaio      = -110.686 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -8.040 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1707.99 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0397  
 S<sub>rm</sub>      = 335.245 mm  
 W      = 0.133 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.300 mm

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 6**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 598.3000$  kN  
 $M_{y\text{tot}} = -299.7000$  kNm       $M_{x\text{tot}} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Frequente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -128.9552$  kNm  
 Tensione acciaio      = -80.758 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -5.919 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1182.12 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0571  
 S<sub>rm</sub>      = 301.346 mm  
 W      = 0.172 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.300 mm

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 5**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLE quasi permanente

Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 461.1000$  kN  
 $M_{y\text{tot}} = -231.1000$  kNm       $M_{x\text{tot}} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = -128.9552$  kNm  
 Tensione acciaio      = -80.758 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -5.919 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1182.12 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0422  
 S<sub>rm</sub>      = 301.346 mm  
 W      = 0.127 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.200 mm

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 7**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

**Risultati**

**Sollecitazioni applicate**

N = 0.0000 kN       $T_y = 0.0000$  kN       $T_x = 0.0000$  kN  
 $M_{y\text{tot}} = 115.6000$  kNm       $M_{x\text{tot}} = 0.0000$  kNm       $M_t = 0.0000$  kNm

**Verifiche eseguite:** --  
 Verifica tensionale (SLE Quasi permanente)

Tensioni    Fessurazione

**Verifica soddisfatta**

Momento prima fessurazione       $M_y = 121.6999$  kNm  
 Tensione acciaio      = -110.686 N/mm<sup>2</sup>  
 Tensione di trazione cls      = -8.040 N/mm<sup>2</sup>  
 Area efficace a trazione      = 1707.99 cm<sup>2</sup>

Epsm (%)      = 0.0000  
 S<sub>rm</sub>      = 0.000 mm  
 W      = 0.000 mm      W<sub>lim</sub>      = 0.200 mm

**TRAVE VARCO**      << >>      **Comb. n° 8**      << >>

**Sezione calcolata**      **Combinazione calcolata**

Chiudi      Help

SLU taglio

**ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

|               |          |               |
|---------------|----------|---------------|
| $b_w$         | 30 cm    | base sezione  |
| d             | 83.2 cm  | altezza utile |
| $\sigma_{cp}$ | 0 MPa    |               |
| $f_{ck}$      | 33.2 MPa |               |

---

 Vasca di laminazione VL3C001 - *Relazione di calcolo*

$f_{yd}$  391.0 MPa

armatura longitudinale tesa

n° barre 4

$\Phi$  18 mm

$A_{sl}$  10.18 cm<sup>2</sup>

staffe

n° bracci 2

$\Phi$  staffe 14 mm

passo 10 cm

$A_{sw}$  3.079 cm<sup>2</sup>/staffa

$A_{sw}/s$  0.308 cm<sup>2</sup>/cm

$f'_{cd}$  9.41 MPa

alfa 90

alfaC 1

$V_{Rcd}$  1045.2 kN

$V_{Rsd}$  1045 kN

|          |                 |                            |
|----------|-----------------|----------------------------|
| $V_{Rd}$ | <b>1045</b> kN  | <b>Taglio resistente</b>   |
| $V_{Ed}$ | <b>846.5</b> kN | <b>Taglio sollecitante</b> |

$V_{Rd} > V_{Ed}$  --> **verifica soddisfatta**