

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01



COMUNE DI SOLARINO

(Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA"

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE – MURI DI SOSTEGNO E PARAPETTO

01	Emissione a valle commenti del 13/11/2025	Ing. G. Catinella	Ufficio Tecnico Comune di Solarino	Ufficio Tecnico Comune Solarino	01/12/2025
00	Emissione	Ing. G. Catinella	Ufficio Tecnico Comune di Solarino	Ufficio Tecnico Comune Solarino	06/10/2025
Indice di Rev.	Descrizione Revisione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

INDICE

1. INTRODUZIONE E SCOPO	5
2. NORMATIVE E DOCUMENTI	7
2.1 Norme di riferimento	7
2.2 Documenti di riferimento	7
3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI	9
3.1 Calcestruzzo	9
3.2 Carpenteria metallica	10
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	11
5. CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA	12
5.1 Valutazione della sicurezza	12
5.2 Verifica di sezioni in c.a.	12
5.3 Ipotesi di base	13
5.4 Dettagli per le verifiche SLE	13
Analisi strutturale	16
Classificazione delle sezioni	16
Effetto delle deformazioni	17
Verifiche SLE	18
6. VITA NOMINALE DI PROGETTO	19
6.1 Classe d'uso	19
6.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica	20
6.3 Tipo di analisi svolta	20
6.4 Fattore di struttura	20
7. CARICHI SULLA STRUTTURA	23

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

7.1	Peso proprio (G_1)	23
7.2	Azione delle terre (G_2)	23
7.3	Azione variabile passaggio mezzi (Q)	23
7.4	Azione variabile su parapetto (Q_p)	24
7.5	Azione della neve (S)	24
7.6	Azione del vento (W)	25
7.7	Azione sismica (E)	27
7.8	Combinazioni di carico	31
8.	SOFTWARE DI CALCOLO IMPIEGATI	32
8.1	FOGLI ELETTRONICI	32
8.2	VCASLU	32
	Convenzioni di segno	32
	Momenti resistenti di progetto M_{Rd}	33
8.3	1CAMP	33
8.4	CALIFFO	33
9.	DIMENSIONAMENTO E CALCOLO OPERE DI SOSTEGNO	34
9.1	Muro verticale opera di sostegno	34
9.2	Fondazione opera di sostegno	38
10.	VERIFICHE STRUTTURALI OPERE DI SOSTEGNO	44
10.1	Criteri di verifica per gli elementi in c.a.	44
10.2	Verifiche strutturali c.a.	47
10.3	Verifica deformabilità	58
11.	VERIFICHE GEOTECNICHE OPERE DI SOSTEGNO	59
11.1	Verifica capacità portante e scorrimento fondazione	63
11.2	Verifica a ribaltamento e scorrimento opera di sostegno	65

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

12. DIMENSIONAMENTO E CALCOLO PARAPETTO	68
13. VERIFICHE STRUTTURALI PARAPETTO	74
13.1 Verifica tasselli di ancoraggio	77
14. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	91

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

1. INTRODUZIONE E SCOPO

La scuola materna "Madre Teresa di Calcutta" è ubicata in zona marginale del centro urbano di Solarino, ed è sprovvista di parcheggi od aree ad essi adibiti. Il progetto, nel suo insieme, si pone il fine di ovviare a questa carenza. È infatti intendimento dell'Amministrazione richiedere dei finanziamenti extrabilancio che possano consentire di realizzare non solo dei parcheggi in prossimità di detto edificio scolastico, ma anche migliorare la viabilità di collegamento alla stessa realizzando il prolungamento della via Livenza, in adiacenza al lato Sud del muro di confine della scuola Materna "M. T. di Calcutta".

Le aree oggetto dell'intervento sono state già localizzate con Delibera di Consiglio Comunale n. 27 del 21/7/2022, su indicazione della Giunta Comunale con deliberazione n. 50 del 13/7/2022. Dette aree risultano conformi al PRG vigente i cui vincoli preordinati all'esproprio sono attualmente scaduti. Dal punto di vista morfologico, il territorio interessato è di tipo pianeggiante con la sola eccezione del lato Nord-Est della via Cianci dove si apprezza un salto di quota verso il basso di circa mt. 2,00, mentre il tratto esistente di Via Livenza, proseguendo dalla scuola Materna M.T. di Calcutta, si trova ad una quota più alta. L'area interessata dagli espropri ricadente in zona "C" del vigente PRG, era già destinata a viabilità e parcheggi. Tra l'altro lungo la via Cianci, su cui sarà operato un allargamento della carreggiata, è già presente viabilità e risultano presenti sia il manto bituminoso che i marciapiedi con relativi sotto servizi: cosa diversa per il prolungamento di via Livenza, il cui tratto che costeggia il plesso scolastico "M. T. di Calcutta" fino ad incrociare la via Cianci, risulta privo di tutte le opere necessarie per renderlo percorribile (asfalto, marciapiedi, sotto servizi, etc.), così come l'area da destinare a parcheggio.

Alla luce delle osservazioni accolte al Piano Particellare di Esproprio, con le quali veniva chiesto di espropriare aree non più altrimenti utilizzabili, l'area da espropriare si estende per una superficie complessiva pari a circa 2005,00 mq. di cui, mq. 915,00 destinata a viabilità, mq. 1013,00 destinata parcheggio e mq 77,00 destinata a verde pubblico.

Le operazioni progettuali da intraprendere sono:

- VIA CIANCI

- Allargamento della sede stradale attuale a partire dall'incrocio con via Venezia, con la creazione da un lato di un parcheggio e dall'altro del rifacimento e dell'ampliamento del marciapiede, nonché di un ulteriore parcheggio posto ad una quota più bassa;
- Realizzazione delle opere in c.a. necessarie (opere di sostegno);
- Posa in opera di ringhiera parapetto su entrambi i lati;
- Rifacimento dell'impianto di pubblica illuminazione e revisione dell'impianto idrico e fognario;
- Rifacimento della sede stradale che riguarderà sia la scarifica e la stesura dello strato di usura, nella parte di strada esistente, sia la nuova bitumatura, previa realizzazione del cassonetto stradale, che interesserà le aree da adibire a parcheggi e la zona dell'ampliamento.
- Realizzazione di un pergolato fotovoltaico nell'area da adibire a parcheggio posta nella medesima quota della Via Cianci, e con annessa colonnina per la ricarica di auto elettriche;
- Realizzazione di un'area da adibire a parcheggio lungo il lato Est della via Cianci, nell'area adiacente posta alla quota inferiore di circa mt 2,00, ed alla quale si accederà da un varco posto lungo la via Venezia.

- PROLUNGAMENTO DI VIA LIVENZA

La realizzazione del prolungamento della via Livenza si rende necessario, oltre che per la sua utilità nel collegare la parte alta della medesima via, anche per la condizione di degrado in cui si trova: attualmente,

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

infatti, questo tratto viario è costituito da un fondo completamente sconnesso in terra battuta, sotto il quale è posta la condotta fognaria che si immette in quella posta lungo la via Cianci. L'intervento consisterà nelle seguenti operazioni:

- Creazione della sede stradale a partire dall'incrocio con via Cianci e fino alla zona attualmente asfaltata di via Livenza, con la realizzazione, su entrambi i lati di nuovi ampi marciapiedi;
- Realizzazione delle opere in c.a. necessarie (opere di sostegno);
- Posa in opera di ringhiera parapetto;
- Realizzazione di nuovo impianto di pubblica illuminazione e revisione dell'impianto idrico e fognario esistente;
- Realizzazione nuovo asfalto;
- Realizzazione di un'area di verde attrezzato.

Per ulteriori dettagli, si rimanda alla relazione illustrativa prodotta dai Tecnici dell'Ufficio Tecnico del Comune di Solarino.

Scopo della presente relazione, è quello di dimensionamento, calcolo e verifica strutturale delle opere di sostegno di nuova realizzazione che andranno ad insistere:

- Sulla Via Cianci a contenimento del nuovo parcheggio a quota più bassa rispetto al piano stradale e della zona di realizzazione del nuovo parcheggio coperto.
- Sulla via Livenza a contenimento della nuova strada da realizzare con area verde posta di fronte alla scuola a quota inferiore rispetto al piano stradale.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle tavole di progetto (vedi docs 16], 17], 18]).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

2. NORMATIVE E DOCUMENTI

2.1 Norme di riferimento

- 1] D.M. 17/01/2018. Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni. (G.U. n. 8 del 20 febbraio 2018).
- 2] Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti – 21/1/2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17/1/2018.
- 3] UNI EN 1990:2006 Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale.
- 4] UNI EN 1991-1-1 - Azioni sulle strutture. Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
- 5] UNI EN 1991-1-4 - Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento.
- 6] UNI EN 1992-1-1 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- 7] UNI EN 1998-1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- 8] CNR-DT 207 R1/2018 – Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

2.2 Documenti di riferimento

- 9] Progetto per la realizzazione di viabilità e parcheggio, in prossimità della scuola dell'infanzia “Madre Teresa di Calcutta” di Via Cianci n.2, Solarino – Relazione Geologica (Redatto e Firmato dal Geologoc Francesco Aparo in data 05/09/2025)
- 10] Progetto per la realizzazione di viabilità e parcheggio, in prossimità della scuola dell'infanzia “Madre Teresa di Calcutta” di Via Cianci n.2, Solarino – Caratterizzazione Geotecnica (Redatto e Firmato dal Geologoc Francesco Aparo in data 05/09/2025)
- 11] Progetto per la realizzazione di viabilità e parcheggio, in prossimità della scuola dell'infanzia “Madre Teresa di Calcutta” di Via Cianci n.2, Solarino – Indagini Geofisiche (Redatto e Firmato dal Geologoc Francesco Aparo in data 05/09/2025)
- 12] Progetto per la realizzazione di viabilità e parcheggio, in prossimità della scuola dell'infanzia “Madre Teresa di Calcutta” di Via Cianci n.2, Solarino – Pericolosità sismica di base e locale (Redatto e Firmato dal Geologoc Francesco Aparo in data 05/09/2025)
- 13] PE-002-25-G1-A4 – Capitolato speciale d'Appalto Parte tecnica delle opere di sostegno
- 14] PE-002-25-R2-A4 – Relazione sui materiali impiegati per le opere di sostegno
- 15] PE-002-25-R3-A4 – Piano di manutenzione opere di sostegno
- 16] PE-002-25-D1-A0 – Inquadramento generale opere di sostegno

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- 17] PE-002-25-D2-A0 – Prospetti e sezioni opere di sostegno – Casseri_Fg.1
- 18] PE-002-25-D3-A0 – Prospetti e sezioni opere di sostegno – Casseri_Fg.2
- 19] PE-002-25-D4-A0 – Prospetti e sezioni opere di sostegno – Armature_Fg.1
- 20] PE-002-25-D5-A0 – Prospetti e sezioni opere di sostegno – Armature_Fg.2
- 21] PE-002-25-D6-A0 – Inquadramento generale parapetto + Dettagli tipici
- 22] PE-002-25-D7-A0 – Prospetti + Schemi tipologie parapetto

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo magro di sottofondazione

Il magrone è composto da calcestruzzo tipo C12/15, che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E_{cm} = 20000 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.20;$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa};$$

$$f_{cd} = 6.8 \text{ MPa } (0.85 \cdot f_{ck} / 1.5).$$

Calcestruzzo opere di sostegno

Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi strutturali è di tipo C32/40. Caratteristiche meccaniche:

$$E_{cm} = 33346 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.20;$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$f_{ck} = 32 \text{ MPa};$$

$$f_{cd} = 18.13 \text{ MPa } (=0.85 \cdot f_{ck} / 1.5);$$

Classe di consistenza: S4 (slump tra 16 e 21 cm);

Classe di esposizione: XC4 (Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua);

Contenuto minimo in cemento: 340 kg/m³

Massimo contenuto a/c: 0.5

Dimensione massima aggregato: 20 mm;

Copriferro netto "c_{netto}" o nominale "c_{nom}": 40 mm.

Acciaio per c.a.

L'acciaio ordinario per armature di strutture in c.a. utilizzato negli elementi strutturali è il B450C, che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E = 210000 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.30;$$

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C};$$

$$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3;$$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

$f_{yk} = 450 \text{ MPa};$

$f_{uk} = 540 \text{ MPa}.$

3.2 *Carpenteria metallica*

Acciaio per profili e piastre

I profili strutturali sono previsti in acciaio S355-J0, in accordo con la UNI EN 10025-2. Le caratteristiche meccaniche di calcolo del materiale impiegato sono:

$E = 210000 \text{ MPa};$

$\nu = 0.30;$

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C};$

$\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3;$

$f_{yk} = 355 \text{ MPa};$

$f_{uk} = 510 \text{ MPa}.$

Classe di esecuzione: EXC2

Classe di corrosività: C3 (media – ambienti urbani e industriali con moderato inquinamento)

Trattamento protettivo: zincatura, spessore minimo 60 μm (UNI EN ISO 1461 / UNI EN 10346) + verniciatura di spessore minimo pari a 80 μm (primer + vernice), RAL definita dalla Committenza in fase di Direzioni Lavori.

Bulloni / tirafondi / tasselli

Gli elementi di ancoraggio ed i relativi dadi sono previsti in acciaio Classe 8.8 e Classe 8 rispettivamente, in accordo con la EN ISO 898-1 e con la UNI EN ISO 4016. Le caratteristiche meccaniche di calcolo del materiale impiegato sono:

$E = 210000 \text{ MPa};$

$\nu = 0.30;$

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C};$

$\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3;$

$f_{yk} = 640 \text{ MPa};$

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

Classe di esecuzione: EXC2

Classe di corrosività: C3 (media – ambienti urbani e industriali con moderato inquinamento)

Trattamento protettivo: zincatura (UNI EN ISO 1461 / UNI EN 10346)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO				
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01	

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle caratteristiche geotecniche principali del sito oggetto di studio, utilizzate per i calcoli e le verifiche (per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geotecnica, doc.10)).

Unità geotecniche	Strato	Sp. [m]	Da [m da P.C.]	A [m da P.C.]	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	E [MPa]
1	Coltre eluvio colluviale (strato sabbioso-limoso)	1	+0	-1	/	/	/	/
2	Calcareniti bianco-grigie in banchi (fratturazione media)	34	-1	-35	22	30	45	200

Figura 4-1 – tabella caratteristiche geotecniche terreni (vedi doc. 10))

Come espresso sulla relazione geotecnica (doc. 10)): “Il piano di fondazione delle opere in progetto dovrà essere collocato all'interno dell'ammasso roccioso calcarenitico, asportando totalmente la coltre eluvio-colluviale di copertura.” Pertanto, qualora durante di realizzazione delle fondazioni delle opere di sostegno dovesse esserci materiale ricadente nell'unità geotecnica 1, questo dovrà essere asportato e sostituito da misto granulare appartenente alle classi A1/A3 secondo UNI 11531-1, compattato a strati (non superiori ai 20cm) fino al raggiungimento del 95% della densità ottimale secondo prova Proctor AASHTO modificata.

L'unità geotecnica 2 presenta una RQD pari al 50% (vedi doc. 10] per maggiori dettagli).

Nella relazione geotecnica (doc. 10)) è inoltre stato calcolato il coefficiente di costante di Winkler in base alla larghezza della fondazione:

Larghezza corpi di fondazione b (m)	Spessore strato compressibile H (m)	Modulo Elastico Statico medio E (kg/cm ²)	Modulo Elastico Statico caratteristico E _k (kg/cm ²)	Modulo di Winkler K (kg/cm ²)
0,50	2,85	2198	1477	23,5
1,00	5,70	2171	1459	11,6
1,50	8,55	2148	1443	7,6
2,00	11,40	2173	1460	5,8

Figura 4-2 – tabella estratta da relazione geotecnica (vedi doc. 10))

Si fa presente, che il valore di costante di Winkler utilizzato per i calcoli è stato anche ricalcolato nel seguito utilizzando la formulazione di Vesic per mezzo di foglio di calcolo autoprodotta. Da tale tabella è stato ricavato anche il valore di Modulo elastico considerato nei calcoli di cui nel seguito.

In base alle analisi geologiche effettuate, inoltre, la falda si attesta intorno a 130 m di profondità rispetto al P.C., pertanto non interessa le opere strutturali oggetto di studio (vedi doc. 9)).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

5. CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA

- OPERE IN C.A.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto.

Vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi o di perdita di funzionalità. In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- Durabilità: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile, il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

5.1 Valutazione della sicurezza

La sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d (definito anche come S_d). La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$C_d \geq E_d$$

5.2 Verifica di sezioni in c.a.

In riferimento ai vari stati limite, le verifiche sugli elementi strutturali vengono eseguite come segue:

- o SLU: Verifica con acciaio snervato e calcestruzzo con deformazione allo 0,35%
- o SLV: Verifica con acciaio in campo elastico e calcestruzzo in campo elastico
- o SLE caratteristica: verifica tensionale sul massimo sforzo nell'acciaio ($\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$), e sul massimo sforzo nel calcestruzzo compresso ($\sigma_c \leq 0.6 \cdot f_{ck}$)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- SLE frequente: verifica tensionale sull'acciaio di armatura al fine di limitare la massima apertura delle fessure al valore di 0.3mm (Classe di esposizione XC4)
- SLE quasi permanente: verifica tensionale sugli elementi tesi al fine di limitare la massima apertura delle fessure e tensionale, verifica tensionale sul massimo sforzo nel calcestruzzo ($\sigma_c \leq 0.45 \cdot f_{ck}$) e verifica di massima apertura di fessura pari a 0.2mm (Classe di esposizione XC4)
- Fatica: Eventuali danni che possono compromettere la durabilità.

5.3 Ipotesi di base

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

- Conservazione delle sezioni piane;
- Perfetta aderenza tra armature e calcestruzzo;
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione;
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima;
- Deformazione iniziale dell'armatura di precompressione considerata nelle relazioni di congruenza della sezione.

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

5.4 Dettagli per le verifiche SLE

Le verifiche per il c.a. sono condotte secondo le prescrizioni del § 4.1 del 1]:

- SLU: rottura duttile con acciaio snervato e calcestruzzo che ha raggiunto la deformazione limite dello 0.35%.
- SLE caratteristica: $\sigma_s = 0.8 \cdot f_{yk}$; $\sigma_c = 0.6 \cdot f_{ck}$ (σ_s è lo sforzo ammissibile nelle armature tese, pari a $\sigma_s = 450 \cdot 0.8 = 360 \text{ MPa}$; σ_c rappresenta invece lo sforzo ammissibile nel calcestruzzo, pari a $\sigma_c = 32 \cdot 0.6 = 19.2 \text{ MPa}$ per cls. C32/40).
- SLE frequente: $w_k = 0.3 \text{ mm}$ per classe di esposizione XC4 (w_k è la massima apertura della fessura).
- SLE quasi permanente: $\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck}$; $w_k = 0.2 \text{ mm}$ per classe di esposizione XC4 (σ_c è lo sforzo ammissibile nel calcestruzzo pari a $\sigma_c = 32 \cdot 0.45 = 14.4 \text{ MPa}$ per cls. C32/40; w_k è la massima apertura della fessura).

NOTA: si rimanda al §3 per ulteriori dettagli su materiali e classi di esposizioni degli elementi strutturali.

Di seguito si riportano degli estratti delle Normative di riferimento per la scelta di classe di esposizione e valori limite di apertura di fessura (doc.1], 2], 6]).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
	Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4, il valore w_k è definito al § 4.1.2.2.4.5.

4.1.2.2.4 Stato limite di fessurazione

In ordine di severità decrescente, per la combinazione di azioni prescelta, si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione, nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} \quad [4.1.13]$$

dove f_{ctm} è definito nel § 11.2.10.2;

- stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm} \quad w_2 = 0,3 \text{ mm} \quad w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo																	
	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri			Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico					
						Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti									
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Massimo rapporto a/c	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37,	32/40	35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m³) ^{a)}	-	300	320	340	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)												b)	4,0 ^{b)}					
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 dell'UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{c)}		
a)	Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{gesp} > 20\text{mm}$; per D_{gesp} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per D_{gesp} tra 12 mm e 16 mm).																	
b)	Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.																	
c)	Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.																	
d)	Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.																	

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9858	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m³	Rok minima N/mm²	Contenuto minimo di aria %	Copri ferro minimo Mm
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X0	Molto secco	Cis per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
2 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cis per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	280	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,80	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cis per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Corrosione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine, cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	40
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta c_{dev} \text{ (Vedi §4.4.1 di 6)}$$

C_{min} come da tabella UNI EN 206-1 (sopra esposta); Δc_{dev} è la tolleranza di posa (il valore raccomandato è di 10mm).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

I requisiti richiesti di resistenza, funzionalità, durabilità e robustezza si garantiscono verificando il rispetto degli stati limite ultimi e degli stati limite di esercizio della struttura, dei componenti strutturali e dei collegamenti.

Gli stati limite ultimi (SLU) da verificare, ove necessario, sono:

- Stato limite di equilibrio, al fine di controllare l'equilibrio globale della struttura e delle sue parti durante tutta la vita nominale comprese le fasi di costruzione e di riparazione;
- Stato limite di collasso, corrispondente al raggiungimento della tensione di snervamento oppure delle deformazioni ultime del materiale e quindi della crisi o eccessiva deformazione di una sezione, di una membratura o di un collegamento (escludendo fenomeni di fatica), o alla formazione di un meccanismo di collasso, o all'instaurarsi di fenomeni di instabilità dell'equilibrio negli elementi componenti o nella struttura nel suo insieme, considerando anche fenomeni locali d'instabilità dei quali si possa tener conto eventualmente con riduzione delle aree delle sezioni resistenti;
- Stato limite di fatica, controllando le variazioni tensionali indotte dai carichi ripetuti in relazione alle caratteristiche dei dettagli strutturali interessati.

Per strutture o situazioni particolari, può essere necessario considerare altri stati limite ultimi.

Gli stati limite di esercizio (SLE) da verificare, ove necessario, sono:

- Stati limite di deformazione e/o spostamento, al fine di evitare deformazioni e spostamenti che possano compromettere l'uso efficiente della costruzione e dei suoi contenuti, nonché il suo aspetto estetico;
- Stato limite di vibrazione, al fine di assicurare che le sensazioni percepite dagli utenti garantiscano accettabili livelli di comfort ed il cui superamento potrebbe essere indice di scarsa robustezza e/o indicatore di possibili danni negli elementi secondari;
- Stato limite di plasticizzazioni locali, al fine di scongiurare deformazioni plastiche che generino deformazioni irreversibili ed inaccettabili;
- Stato limite di scorrimento dei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza, nel caso che il collegamento sia stato dimensionato a collasso per taglio dei bulloni.

Analisi strutturale

Il metodo di analisi deve essere coerente con le ipotesi di progetto. L'analisi deve essere basata su modelli strutturali di calcolo appropriati, a seconda dello stato limite considerato.

Le ipotesi scelte ed il modello di calcolo adottato devono essere in grado di riprodurre il comportamento globale della struttura e quello locale delle sezioni adottate, degli elementi strutturali, dei collegamenti e degli appoggi.

Nell'analisi globale della struttura, in quella dei sistemi di controvento e nel calcolo delle membrature si deve tener conto delle imperfezioni geometriche e strutturali.

Classificazione delle sezioni

Le sezioni trasversali degli elementi strutturali si classificano in funzione della loro capacità rotazionale C_θ definita come:

$$C_\theta = \theta_r / \theta_y - 1$$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

essendo θ_r e θ_y le rotazioni corrispondenti rispettivamente al raggiungimento della deformazione ultima ed allo snervamento.

La classificazione delle sezioni trasversali degli elementi strutturali si effettua in funzione della loro capacità di deformarsi in campo plastico. E' possibile distinguere le seguenti classi di sezioni:

- *Classe 1:* se la sezione è in grado di sviluppare una cerniera plastica avente la capacità rotazionale richiesta per l'analisi strutturale condotta con il metodo plastico senza subire riduzioni della resistenza. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta > 3$;
- *Classe 2:* se la sezione è in grado di sviluppare il proprio momento resistente plastico, ma con capacità rotazionale limitata. Possono generalmente classificarsi come tali le sezioni con capacità rotazionale $C_\theta \geq 1,5$;
- *Classe 3:* se nella sezione le tensioni calcolate nelle fibre estreme compresse possono raggiungere la tensione di snervamento, ma l'instabilità locale impedisce lo sviluppo del momento resistente plastico;
- *Classe 4:* se, per determinarne la resistenza flettente, tagliante o normale, è necessario tener conto degli effetti dell'instabilità locale in fase elastica nelle parti compresse che compongono la sezione. In tal caso nel calcolo della resistenza la sezione geometrica effettiva può sostituirsi con una *sezione efficace*.

Le sezioni di classe 1 si definiscono duttili, quelle di classe 2 compatte, quelle di classe 3 semi-compatte e quelle di classe 4 snelle.

Tab. 4.2.VI - Metodi di analisi globali e relativi metodi di calcolo delle capacità e classi di sezioni ammesse

Metodo di analisi globale	Metodo di calcolo della capacità resistente della sezione	Tipo di sezione
(E)	(E)	tutte (*)
(E)	(P)	classi 1 e 2
(E)	(EP)	tutte (*)
(P)	(P)	classe 1
(EP)	(EP)	tutte (*)

(*) per le sezioni di classe 4 la capacità resistente può essere calcolata con riferimento alla sezione efficace.

Effetto delle deformazioni

In generale, è possibile effettuare:

- L'analisi del primo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura.
- L'analisi del secondo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione deformata della struttura.

L'analisi globale può condursi con la teoria del primo ordine nei casi in cui possano ritenersi trascurabili gli effetti delle deformazioni sull'entità delle sollecitazioni, sui fenomeni di instabilità e su qualsiasi altro rilevante parametro di risposta della struttura.

Tale condizione si può assumere verificata se risulta soddisfatta la seguente relazione:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \quad \text{per l'analisi elastica}$$

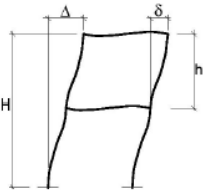
$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 15 \quad \text{per l'analisi plastica}$$

dove α_{cr} è il moltiplicatore dei carichi applicati che induce l'instabilità globale della struttura, F_{Ed} è il valore dei carichi di progetto e F_{cr} è il valore del carico instabilizzante calcolato considerando la rigidezza iniziale elastica della struttura.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Verifiche SLE

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di inquadramento delle costruzioni ordinarie		
Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.		

Tab. 4.2.XIII - Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali		
Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carro-ponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$
In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.		
		
Fig. 4.2.4 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio		

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

6. VITA NOMINALE DI PROGETTO

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto.

In aderenza a quanto definito dal D.M.17/01/2018 al §2.4, l'opera è classificata come "Costruzioni con livello di prestazioni ordinari".

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 6-1 - Tab. 2.4.I delle NTC2018, Vita nominale per diversi tipi di costruzione

Viene assunto un valore della vita nominale pari a $V_N = 50$ anni.

6.1 Classe d'uso

Le opere in progetto sono inquadrata in **Classe d'uso II**: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Di seguito si riporta la descrizione delle varie Classi d'uso previste dalla Normativa Vigente.

Classe d'uso I: *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*

Classe d'uso II: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

Classe d'uso III: *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*

Classe d'uso IV: *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Secondo la tabella 2.4.II del D.M.17/01/2018, a tale classe d'uso corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1,0$.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U				
CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 6-2 - Tab. 2.4.II D.M.17/01/2018. Coefficienti d'uso C_U

6.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

6.3 Tipo di analisi svolta

L'analisi svolta, per mezzo di programma ad Elementi Finiti, è un'analisi statica lineare. Le azioni dinamiche di vento e sisma sono state calcolate come descritte al capitolo dei carichi facendo sempre riferimento alla Normativa Italiana di riferimento. Tale analisi permette di valutare le azioni dinamiche per mezzo di azioni statiche equivalenti.

Le successive verifiche degli elementi strutturali sono state sviluppate automaticamente dal programma FEM dopo aver inserito le membrature degli elementi, la loro lunghezza di libera inflessione ed i coefficienti necessari allo sviluppo delle verifiche SLU e SLE. Alcune verifiche possono anche essere state effettuate per mezzo di fogli di calcolo excel autoprodotti.

Il software FEM restituisce le verifiche agli SLU ed agli SLE.

6.4 Fattore di struttura

Per quanto riguarda il fattore di struttura "q" da applicare per la determinazione delle azioni interne associate alle condizioni sismiche si fa riferimento alla Tab.7.3.I della vigente Normativa (D.M. 17/1/2018), adottando il valore massimo al fine di considerare un comportamento non dissipativo della struttura.

Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica					
STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1,0$ § 3.2.3.4	$q = 1,0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Figura 6-3 - Tab. 7.3.I D.M.17/01/2018.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Per il caso di fondazioni invece, si fa riferimento al §7 della vigente Normativa (D.M. 17/1/2018).

In particolare per il caso di fondazioni, si dovrà avere un comportamento non dissipativo (come descritto al §7.2.5 del D.M.17/01/2018); ciò significa che il fattore di struttura potrà assumere, nella condizione SLV, un valore compreso tra 1 e 1.5.

Per capire quale valore assumere per il fattore di struttura q , si fa riferimento al §7.3.1 del D.M.17/01/2018, nel quale si riporta che:

“ ...

Per le strutture a comportamento strutturale non dissipativo si adotta un fattore di comportamento q_{ND} , ridotto rispetto al valore minimo relativo alla CD“B” (Tab.7.3.II) secondo l'espressione:

$$1 \leq q_{ND} = (2/3) \cdot q_{CD“B”} \leq 1.5$$

Per la tipologia strutturale in esame si può assumere, dalla Tab.7.3.II, il valore di $q_0=3$ in CD“B”. Pertanto si ottiene:

$$1 \leq q_{ND} \leq 1.999$$

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD		
Tipologia strutturale	q_0	
	CD“ A”	CD“ B”
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_1 / \alpha_2$	$3,0 \alpha_1 / \alpha_2$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_1 / \alpha_2$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	$4,0 \alpha_1 / \alpha_2$	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate	$5,0 \alpha_1 / \alpha_2$	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	$2,0 \alpha_1 / \alpha_2$	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	$4,0 \alpha_1 / \alpha_2$	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0
Costruzioni di legno (§ 7.7.3)		
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	3,0	2,0
Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati		
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	5,0	3,0
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni		
Strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti		2,5

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Altro aspetto fondamentale dell'analisi per strutture non dissipative, quale la fondazione oggetto di studio, è quello dell'analisi "sostanzialmente elastica", e cioè un'analisi da effettuare con condizione tale per cui in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al §4.1.2.3.4.2 del D.M.17/01/2018.

Si riporta un'estratto:

7.4. COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO

7.4.1. GENERALITÀ

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature deve essere valutata in accordo con le regole di cui al § 4.1, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico, come definito al § 4.1.2.3.4.2. Per i nodi trave-pilastro di strutture a comportamento non dissipativo si devono applicare le regole di progetto relative alla CD "B" contenute nel § 7.4.4.3. Per le strutture prefabbricate a comportamento non dissipativo si devono applicare anche le regole generali contenute nel § 7.4.5.

Figura 6-4 – Estratto D.M.17/01/2018 – Cap.7.4

La capacità in termini di fattore di duttilità in curvatura μ_ϕ può essere calcolata, separatamente per le due direzioni principali di verifica, come rapporto tra la curvatura cui corrisponde una riduzione del 15% della massima resistenza a flessione – oppure il raggiungimento della deformazione ultima del calcestruzzo e/o dell'acciaio – e la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione ϕ_{yd} espressa dalla relazione seguente:

$$\phi_{yd} = \frac{M_{Rd}}{M'_{yd}} \cdot \phi'_{yd}$$

dove:

ϕ'_{yd} è la minore tra la curvatura calcolata in corrispondenza dello snervamento dell'armatura tesa e la curvatura calcolata in corrispondenza della deformazione di picco (ϵ_{c2} se si usa il modello parabola-rettangolo oppure ϵ_{c3} se si usa il modello triangolo-rettangolo) del calcestruzzo compresso;

M_{Rd} è il momento resistente della sezione allo SLU;

M'_{yd} è il momento corrispondente a ϕ'_{yd} e può essere assunto come momento resistente massimo della sezione in campo sostanzialmente elastico.

Figura 6-5 – Estratto D.M.17/01/2018 – Cap.4.1.2.3.4.2

Si è deciso allora di adottare il fattore di struttura massimo per poter considerare la struttura come non dissipativa:

$$q=1.50$$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

7. CARICHI SULLA STRUTTURA

7.1 Peso proprio (G_1)

Per gli elementi strutturali in c.a., si è assunto un peso proprio pari a 25 kN/m^3 .

Per gli elementi strutturali in carpenteria metallica, si è assunto un peso proprio pari a 78.5 kN/m^3 .

7.2 Azione delle terre (G_2)

L'azione delle terre è calcolata con peso specifico pari a 22 kN/m^3 , così come si evince dal §**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** della presente relazione. Poiché vi sono sezioni del muro a diretto contatto con la stratigrafia stradale, anche per questi si è assunto un peso specifico della stratigrafia stradale pari a 22 kN/m^3 (pertanto gli strati dovranno soddisfare tale prescrizione e quanto riportato al §8 del Capitolato Speciale d'Appalto).

L'angolo di attrito è pari a 30° , assunto anche in questo caso il medesimo anche per le zone di muro a contatto con la nuova stratigrafia stradale.

L'azione di spinta delle terre assunta nel seguito, si considera agente con coefficiente di spinta attiva; inoltre, a favore di sicurezza non viene considerata la porzione di terreno a valle del muro che ricopre la fondazione, la quale fornirebbe una spinta stabilizzante con coefficiente di spinta passiva.

7.3 Azione variabile passaggio mezzi (Q)

Il carico variabile massimo considerato transitante sulla strada che fornisce azione orizzontale sul muro è pari a 15 kN/m^2 .

L'azione considerata nel seguito di spinta dell'azione variabile si considera (a favore di sicurezza) agente con coefficiente di spinta a riposo.

Tale valore è stato considerato come somma dell'azione variabile dello schema di carico 1 + lo schema di carico 5 secondo il §5.1.3.3.3 del D.M. 17/01/2018 (doc. 1]). Per i valori dei coefficienti di non contemporaneità invece si utilizzerà quanto riportato in Tab.5.1.VI.

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali				
Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schema 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schema 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE in esecuzione	0,6	0,2	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Figura 7-1 – Tab.5.1.VI – Estratto da NTC18

7.4 Azione variabile su parapetto (Q_p)

Il carico agente sul parapetto è stato considerato secondo la classe C (ambienti suscettibili di affollamento) secondo il §3.1.4 del D.M.17/01/2018. Tale valore risulta a favore di sicurezza rispetto a quanto prescritto al §5.1.3.10 per l'azione q_8 (azione sui parapetti e urto dei veicoli in svio, pari a 1.5 kN/m). Pertanto, secondo la Tab.3.1.II, l'azione variabile minima da applicarsi è di: $H_k = 2$ kN/m (carico uniformemente distribuito sul corrimano del parapetto).

Il parapetto dovrà avere un'altezza minima pari ad 1.1m dal piano di calpestio.

Pertanto:

$$Q_p = 2 \text{ kN/m}; \Psi_0 = 0.7; \Psi_1 = 0.7; \Psi_2 = 0.6.$$

Tale azione variabile sul parapetto, provoca un'azione di spinta orizzontale sul muro di sostegno (pari appunto a 2 kN/m) + un'azione flettente in testa al muro, pari a: $M = 2 \cdot 1.1 = 2.2$ kN·m/m.

Inoltre l'azione variabile sul parapetto impone un passaggio di pedoni, che va sommato all'azione Q sopra descritta. L'azione variabile per il passaggio di pedoni è assunta pari a $1 \div 2$ kN/m² (nei calcoli e verifiche di cui ai successivi paragrafi, verrà applicato il caso peggiore in termini di verifica tra il considerare $Q_p = 1$ kN/m² e $Q_p = 2$ kN/m²; l'azione verrà sommata all'azione di passaggio mezzi con medesimo coefficiente di partecipazione; invece l'azione orizzontale è calcolata separatamente con il coefficiente di partecipazione descritto al presente paragrafo).

7.5 Azione della neve (S)

L'azione della neve è calcolata secondo le prescrizioni del §3.4.1 del D.M. 17/01/2018.

Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza:	
$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$
$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s > 200 \text{ m}$
[3.4.2]	
Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:	
$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$
$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s > 200 \text{ m}$
[3.4.3]	
Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona:	
$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$
$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s > 200 \text{ m}$
[3.4.4]	
Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:	
$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$	$a_s \leq 200 \text{ m}$
$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$	$a_s > 200 \text{ m}$
[3.4.5]	

Figura 7-2 – Estratto D.M.17/01/2018 per calcolo azione neve

Per il sito oggetto di studio, il valore di riferimento della neve al suolo è quello della zona III pari a: $q_{sk} = 48$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

kg/m².

Data la natura dell'opera, l'azione della neve viene trascurata (parete verticale).

7.6 Azione del vento (W)

L'azione del vento è stata calcolata secondo le seguenti prescrizioni: §3.3 del doc.1].

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Figura 7-3 – Estratto D.M.17/01/2018 per calcolo azione vento

Di seguito vengono riportati i calcoli effettuati, l'azione base del vento, i coefficienti amplificativi, i valori finali di azione statica equivalente applicati ad ogni configurazione di calcolo.



Comune di Solarino
(Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)

Ing. Giulio Catinella

TITOLO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA"

Progetto esecutivo opere di sostegno

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO DOC.

Relazione di calcolo
strutturale – opere di
sostegno e parapetto

N° DOC.

PE-002-25-R1-A4_01

DATA

Dic.2025

INDICE

DI REV

01

DESIGN OF WIND ACTION									
Norm: [1] NTC-18									
PROPERTIES									
Zone type dependent from region (see TABLE I)				ZONE	=	4			
Altitude of construction from sea level				a_s	=	173	m		
TABLE I									
ZONE	REGION								
1	Valle D'aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (EXCEPT trieste e provincia)								
2	Emilia Romagna								
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (EXCEPT Reggio Calabria)								
4	Sicilia, Reggio Calabria e sua provincia								
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)								
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'isola di Maddalena)								
7	Liguria								
8	Provincia di Trieste								
9	Isole (EXCEPT Sicilia and Sardegna)								
Roughness Class dependent from area (see TABLE 3.3.III)				R.C.	=	B			
Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno									
Classe di rugosità del terreno		Descrizione							
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m								
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive								
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D								
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa); c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperte campagne, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o subissive, superfici innevate o ghiacciate, ...)								
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area indicata per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione per tutti i settori di provenienza del vento angoli almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione venga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistono dubbi nella scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere massima in Classe A e massima in Classe D).									
Exposure Category, defined by ZONE and R.C. (see Figure 3.3.2)				E.C.	=	III			
Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione									
Tabella 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione									
Categorie di esposizione del sito		K _e		z ₀ [m]		z _{max} [m]			
I	II	III	IV	V	0,17	0,19	0,01	2	
II	III	IV	V		0,20	0,10	0,05	4	
III	IV	V			0,22	0,30	0,10	5	
IV	V				0,23	0,70	0,30	8	
V							0,70	12	
Tr = 50 periodo di ritorno [anni]									
Coefficients of Exposure Category (E.C.)									
aerodynamic coefficient		c _r	=	1,001	coefficiente di ritorno. Dipende da Tr				
Topography coefficient		k _r	=	0,200					
dynamic coefficient		z ₀	=	0,1	m				
Wind velocity (under as level - m.s.l.m)		z _{min}	=	5	m				
Wind velocity (over as level - m.s.l.m)		c _p	=	1	see sheet "cp - aerodynamic coefficient"				
Gnetic Pressure		c _t	=	1	usually equal to 1				
height of construction		c _d	=	1	usually equal to 1				
Exposure coefficient for height "H"		V _r	=	28,0	m/s	500	OK	in base al valore di a_s	
Maximum wind pressure (at height "H")		V _r	=	21,4	m/s	500	NO	in base al valore di a_s	
		q _b	=	490,72	N/mq				
		H	=	2,2	m				
		Ce(H)	=	1,71					
		W _p	=	0,84	kN/m²				

Figura 7-4 – $W_p=0.84 \text{ kN/m}^2$ – Pressione del vento

Anche l'azione del vento sul muro di sostegno viene trascurata in quanto agisce in direzione contraria rispetto alla spinta delle terre dando contributo stabilizzante al muro. Quindi è trascurata a favore di sicurezza.

Invece l'azione del vento sul parapetto è calcolata secondo le prescrizioni del §G.10.3 del doc. 8].

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

7.7 Azione sismica (E)

Il sito dove sono ubicate le opere oggetto di studio è rappresentato nell'immagine di seguito riportata.

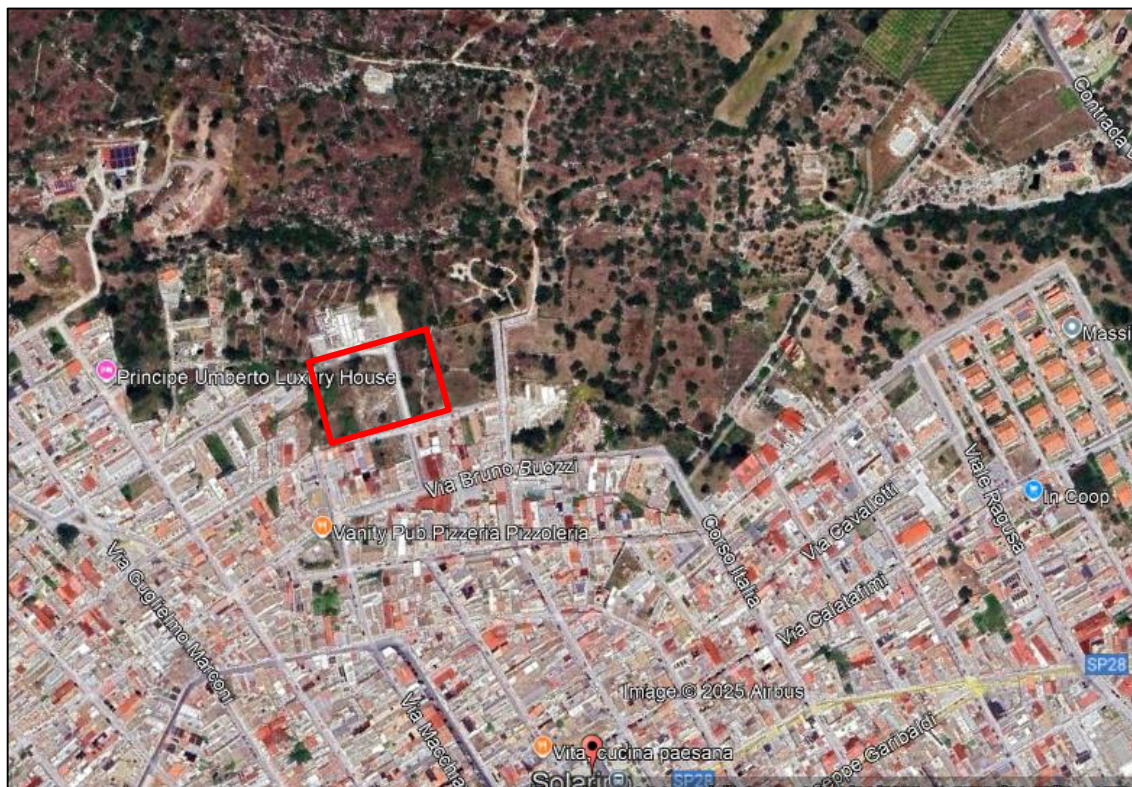


Figura 7-5 – Area ubicazione tracker (in rosso in figura)

Per la definizione dei parametri sismici si fa riferimento alle seguenti coordinate:

Latitudine: 37.10341

Longitudine: 15.11625

Per le caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno si considera (vedi doc. 12]):

- Categoria di sottosuolo per definizione azione sismica: **A**
- Categoria topografica per definizione azione sismica: **T1**

L'opera può essere ritenuta facente parte della classe II (in accordo con la definizione contenuta nel § 2.4.2 di 1]) pertanto il coefficiente d'uso C_U risulta pari a **1.00**.

In definitiva, la vita di riferimento è pari a $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.00 = \mathbf{50 \text{ anni}}$.

I parametri sismici indipendenti per la caratterizzazione del sito sono:

- SLV:
 $a_g = 0.262 \cdot g$; $F_0 = 2.265$; $S_s = 1.000$; $S_T = 1.000$; $C_c = 1.000$; $T_c = 0.420 \text{ s}$; $q = 1.50$.
- SLD:
 $a_g = 0.064 \cdot g$; $F_0 = 2.513$; $S_s = 1.000$; $S_T = 1.000$; $C_c = 1.000$; $T_c = 0.267 \text{ s}$; $q = 1.00$.

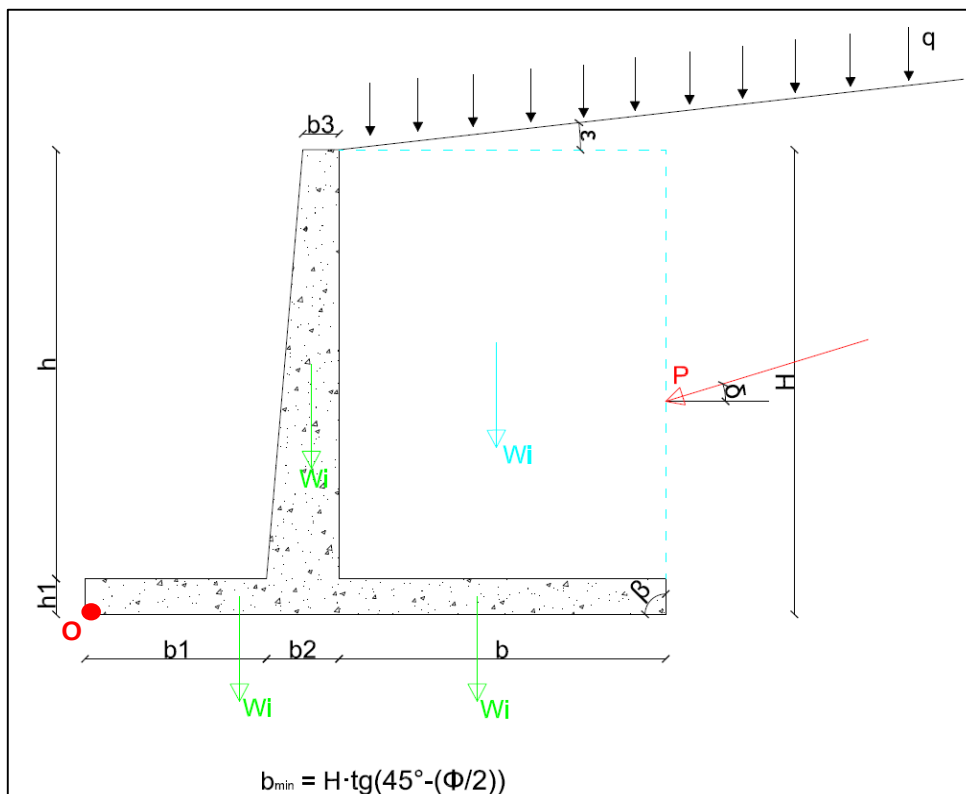
 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
	Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

	SLV			SLD	
	T [s]	Se [g]		T [s]	Se [g]
	0,000	0,262		0,000	0,064
T _B	0,140	0,396	T _B	0,089	0,160
T _C	0,420	0,396	T _C	0,267	0,160
	0,526	0,316		0,343	0,125
	0,632	0,263		0,419	0,102
	0,738	0,225		0,494	0,087
	0,844	0,197		0,570	0,075
	0,950	0,175		0,645	0,066
	1,056	0,157		0,721	0,059
	1,163	0,143		0,797	0,054
	1,269	0,131		0,872	0,049
	1,375	0,121		0,948	0,045
	1,481	0,112		1,023	0,042
	1,587	0,105		1,099	0,039
	1,693	0,098		1,175	0,036
	1,799	0,092		1,250	0,034
	1,905	0,087		1,326	0,032
	2,011	0,083		1,401	0,031
	2,118	0,078		1,477	0,029
	2,224	0,075		1,553	0,028
	2,330	0,071		1,628	0,026
	2,436	0,068		1,704	0,025
	2,542	0,065		1,779	0,024
T _D	2,648	0,063	T _D	1,855	0,023
	2,713	0,060		1,957	0,021
	2,777	0,057		2,059	0,019
	2,841	0,055		2,161	0,017
	2,906	0,052		2,264	0,016
	2,970	0,052		2,366	0,014
	3,034	0,052		2,468	0,013
	3,099	0,052		2,570	0,012
	3,163	0,052		2,672	0,011
	3,228	0,052		2,774	0,010
	3,292	0,052		2,876	0,010
	3,356	0,052		2,979	0,009
	3,421	0,052		3,081	0,008
	3,485	0,052		3,183	0,008
	3,549	0,052		3,285	0,007
	3,614	0,052		3,387	0,007
	3,678	0,052		3,489	0,007
	3,743	0,052		3,591	0,006
	3,807	0,052		3,694	0,006
	3,871	0,052		3,796	0,006
	3,936	0,052		3,898	0,005
	4,000	0,052		4,000	0,005

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- Teoria di Mononobe-Okabe

Di seguito le azioni sul muro di sostegno secondo la teoria di Mononobe-Okabe (spinta sismica delle terre su pareti non scatolari).



$$\sigma_v = \gamma' \cdot z$$

$$\sigma_h = \gamma' \cdot z \cdot k_a$$

$$P_{\text{orizz.,terreno}} = (\sigma_h \cdot H \cdot 0.5) \cdot \cos(\delta)$$

$$P_{\text{vert.,terreno}} = (\sigma_h \cdot H \cdot 0.5) \cdot \sin(\delta)$$

$$P_{\text{orizz.,Q}} = (q \cdot H \cdot k_a) \cdot \cos(\delta)$$

$$P_{\text{vert.,Q}} = (q \cdot H \cdot k_a) \cdot \sin(\delta)$$

$$W_i = \gamma_{\text{cls}} \cdot b \cdot h \text{ (peso opera di sostegno in c.a.)}$$

$$W_i = \gamma' \cdot b \cdot h \text{ (peso terreno di riempimento su ciabatta fondazione)}$$

$$P_{AE} = 0.5 \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot K_{AE} \cdot [1 \pm k_v], \text{ (spinta sismica secondo la teoria di Mononobe-Okabe)}$$

$$P_{AE, \text{oriz.}} = P_{AE} \cdot \cos(\delta)$$

$$P_{AE, \text{vert.}} = P_{AE} \cdot \sin(\delta)$$

$$K_{AE} = \frac{\sin(\beta + \phi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \sin^2(\beta) \cdot \sin(\beta - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon - \theta)}{\sin(\beta - \theta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2}$$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

$$\theta = \arctg[k_h/(1 \pm k_v)]$$

$$k_h = (a_g/g) \cdot S \cdot \beta_m$$

$$k_v = 0.5 \cdot k_h$$

$$\beta_m = 0.38 \text{ (vedi §7.11 Vigente Normativa 1)}]$$

$$W_{i, \text{oriz.}} = W_i \cdot k_h$$

$$W_{i, \text{vert.}} = W_i \cdot (1 - k_v)$$

$$M_{\text{ribaltante, SLU}} = \gamma_G \cdot P_{\text{orizz., terreno}} \cdot b_{\text{raccio}} + \gamma_Q \cdot P_{\text{orizz., Q}} \cdot b_{\text{raccio}}$$

$$M_{\text{stab., SLU}} = (\sum_i W_i \cdot b_{\text{raccio}} + P_{\text{vert., terreno}} \cdot b_{\text{raccio}} + P_{\text{vert., Q}} \cdot b_{\text{raccio}}) / \gamma_{R, \text{ribalt.}}$$

$$V_{\text{ed, scorrimento, SLU}} = \gamma_G \cdot P_{\text{orizz., terreno}} + \gamma_Q \cdot P_{\text{orizz., Q}}$$

$$V_{\text{Rd, scorrimento, SLU}} = (\sum_i W_i + P_{\text{vert., terreno}} + P_{\text{vert., Q}}) \cdot \mu$$

$$\mu = \tan(\Phi) / \gamma_\Phi$$

$$M_{\text{ribaltante, SLV}} = \sum_i W_{i, \text{oriz.}} \cdot b_{\text{raccio}} + \psi_2 \cdot P_{\text{orizz., Q}} \cdot b_{\text{raccio}} + P_{\text{AE, orizz.}} \cdot b_{\text{raccio}}$$

$$M_{\text{stab., SLV}} = (\sum_i W_{i, \text{vert.}} \cdot b_{\text{raccio}} + \psi_2 \cdot P_{\text{vert., Q}} \cdot b_{\text{raccio}} + P_{\text{AE, vert.}} \cdot b_{\text{raccio}}) / \gamma_{R, \text{ribalt.}}$$

$$V_{\text{ed, scorrimento, SLV}} = \sum_i W_{i, \text{oriz.}} + \psi_2 \cdot P_{\text{orizz., Q}} + P_{\text{AE, orizz.}}$$

$$V_{\text{Rd, scorrimento, SLV}} = (\sum_i W_{i, \text{vert.}} + \psi_2 \cdot P_{\text{vert., Q}} + P_{\text{AE, vert.}}) \cdot \mu$$

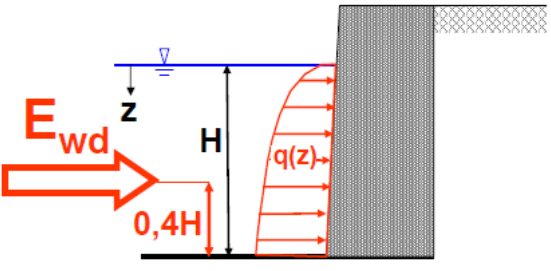
- Teoria di Westergaard

Di seguito le azioni sul muro di sostegno secondo la teoria di Westergaard (spinta sismica/incremento dinamico dell'acqua).

Incremento dinamico (Westergaard 1933)

$$q(z) = \pm \frac{7}{8} k_h \gamma_w \sqrt{H \cdot z}$$

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$



La spinta va considerata sia in un verso che nell'altro (una volta va sommata e l'altra sottratta alla pressione idrostatica).

Poiché la falda si attesta ad una quota di 130 m.s.l.m., tale azione non è presente. Inoltre, in prossimità del muro di sostegno, è inserito materiale con coefficiente di permeabilità alto, atto a favorire il drenaggio delle acque tramite anche la rete di tubazioni presenti (si vedano tavole di progetto).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

7.8 Combinazioni di carico

La struttura è calcolata con vita utile di 50 anni.

Le combinazioni di carico sono calcolate in accordo al paragrafo 2.5.3 del D.M. 17 gennaio 2018.

I valori dei coefficienti di combinazione, utilizzati per i calcoli sono i seguenti (§2.5.2 D.M. 17/01/2018):

Tab. 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

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

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

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

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{12} \cdot Q_{k2} + \Psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.3]
 - Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
[2.5.4]
 - Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
[2.5.6]
- Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:
- $$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj}$$
- [2.5.7]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

8. SOFTWARE DI CALCOLO IMPIEGATI

L'analisi strutturale è stata eseguita sviluppando analisi semplificate effettuando analisi differenziate per il muro in elevazione e per la fondazione a cui il muro si collega.

Per il calcolo delle azioni interne sul muro in elevazione e per le verifiche strutturali sono stati utilizzati i software "VcaSlu" e "1Camp" del Prof. Piero Gelfi (gratuitamente scaricabili da internet) + fogli di calcolo excel autoprodotti.

Per l'analisi della fondazione sono stati utilizzati i software di calcolo "1Camp" del Prof. Piero Gelfi ed il software Califfo (gratuitamente scaricabile).

Nei successivi paragrafi sono descritte in dettaglio tutte le ipotesi poste alla base delle analisi sviluppate.

8.1 FOGLI ELETTRONICI

Per alcune verifiche strutturali (resistenza a taglio delle sezioni, massima apertura di fessura, calcolo spettro sismico di progetto) sono stati utilizzati dei fogli di calcolo excel autoprodotti che fanno riferimento alle direttive Normative Vigenti.

8.2 VCA SLU

Il programma VcaSlu è un programma gratuito sviluppato dal Prof. Piero Gelfi che consente la Verifica di sezioni in Cemento Armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo Stato Limite Ultimo che con il Metodo n. Permette inoltre di tracciare il Dominio M-N, il diagramma Momento-Curvatura per la verifica di stabilità con il metodo della Colonna-Modello ed il Dominio Mx-My. La sezione può essere descritta mediante rettangoli, trapezi, coordinate. E' prevista la sezione circolare, anche cava e la sezione a poligono. Vedere i files di esempio accessibili dal menu Aiuto.

Il software è di libera distribuzione, è stato realizzato dal Prof. Piero Gelfi (Università di Brescia) ed è di ampia distribuzione e utilizzo.

I legami σ - ϵ dei materiali, adottati per le verifiche allo Stato Limite Ultimo, sono quelli indicati dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e dall'Eurocodice 2 (parabola rettangolo per il calcestruzzo e legame elastico-perfettamente plastico per l'acciaio).

I valori dei parametri f_{cd} , ϵ_{c2} , ϵ_{cu} , f_{yd} , ϵ_{yd} compaiono nel form e possono essere cambiati. La deformazione ultima dell'acciaio ϵ_{su} è impostata sul valore definito dal D.M.17/01/2018 al §4.1.2.1.2.2

$$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 0.9 (A_{gt})_k = 0.9 \cdot 75 = 67.5 \text{ ‰}$$

Il valore della deformazione ultima dell'acciaio può comunque essere variato in base alle condizioni di verifica della sezione.

Convenzioni di segno

L'azione assiale è positiva se di compressione. I momenti flettenti M_x e M_y positivi comprimono le fibre dalla parte degli assi positivi (spigolo in alto a destra). Sono positive le tensioni di trazione sia nel calcestruzzo che nell'acciaio. I segni sono inoltre indicati dal colore: blu per le trazioni e rosso per le compressioni.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Momenti resistenti di progetto M_{Rd}

Il programma calcola i momenti resistenti di progetto (momenti ultimi) corrispondenti al valore assegnato dell'azione assiale sollecitante di progetto N_{Ed} e dell'eventuale azione assiale di precompressione. Il programma segnala se N_{Ed} è maggiore del valore ultimo per compressione o trazione semplice.

I momenti sono calcolati rispetto al punto di applicazione della N che può essere impostato come centro della sezione (centro del rettangolo circoscritto alla sezione), come baricentro del calcestruzzo oppure fornendo le coordinate. Nel caso di presso-flessione deviata si può introdurre l'angolo di rotazione θ dell'asse neutro per il calcolo dei momenti resistenti di progetto $M_{x,Rd}$ e $M_{y,Rd}$.

Il calcolo allo S.L.U. viene eseguito discretizzando la sezione in rettangolini. Ciascun rettangolino viene considerato soggetto ad una σ_c uniforme corrispondente alla ε_c nel suo baricentro. L'approssimazione del risultato è comunque molto buona anche con un numero limitato di rettangolini. Il valore di default $n=100$ conduce in genere a risultati praticamente esatti.

Il momento resistente viene determinato dopo aver calcolato la curvatura che, in condizioni di deformazione limite del calcestruzzo o dell'acciaio, soddisfa l'equilibrio alla traslazione. L'equazione di equilibrio alla traslazione viene risolta numericamente con il metodo "Illinois", cioè con successive interpolazioni lineari fra valori in cui la funzione cambia segno. Il test di convergenza si considera soddisfatto se la risultante delle tensioni interne differisce dall'azione assiale N_{Ed} meno di $NL/1.000.000$, essendo NL il valore limite ultimo di N per compressione semplice.

Per ulteriori dettagli si rimanda al manuale del software.

8.3 1CAMP

Il programma 1Camp è un programma gratuito sviluppato dal Prof. Piero Gelfi che consente di calcolare le azioni interne su una trave vincolata agli estremi con varie tipologie di vincolo, oppure anche per mensola o anche nel caso di fondazione su suolo alla Winkler o rigida.

Per ulteriori dettagli si rimanda al manuale del software.

8.4 CALIFFO

È un software che permette di calcolare la capacità portante delle fondazioni superficiali utilizzando differenti metodi di analisi (Meyeroff, Vesic, Terzaghi, etc.), nonché il calcolo dello scorrimento fondazione-terreno.

Per maggiori dettagli si rimanda al manuale teorico del programma.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

9. DIMENSIONAMENTO E CALCOLO OPERE DI SOSTEGNO

Si riporta di seguito la geometria e le azioni sollecitanti su parete e fondazione del muro di sostegno effettuati per mezzo del programma 1Camp (vedi §7 per i carichi agenti e §8 per software impiegati).

Il calcolo è stato effettuato per la peggiore condizione di carico tra quelle sollecitanti (massima altezza e condizioni di carico agenti).

9.1 Muro verticale opera di sostegno

Si riportano i calcoli e le sollecitazioni per le condizioni SLU e SLE caratteristica.

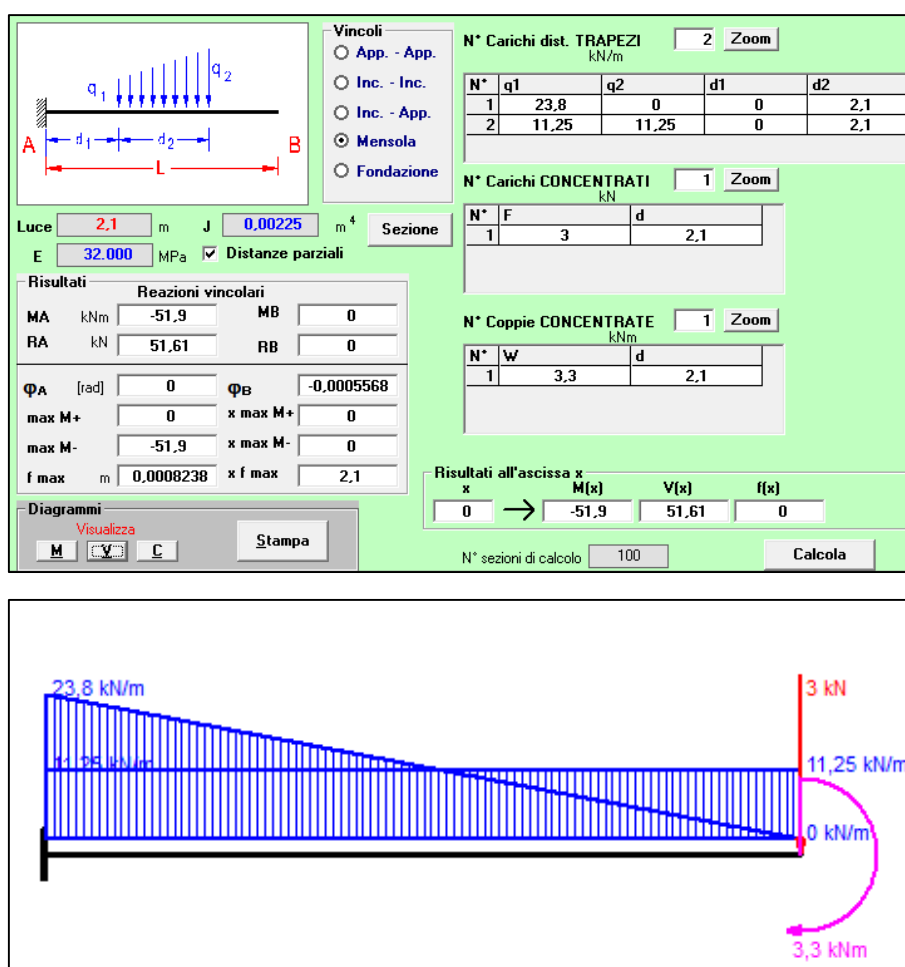


Figura 9-1 – Azioni sollecitanti SLU

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

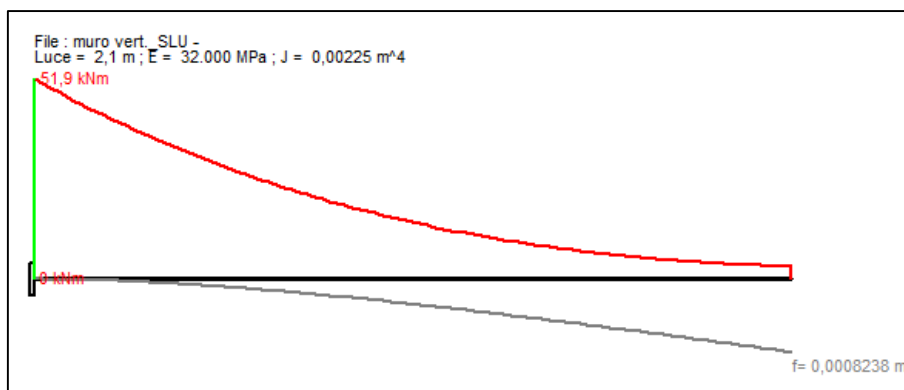


Figura 9-2 – Diagramma azione flettente SLU [kN·m/m]



Figura 9-3 – Diagramma azione tagliante SLU [kN/m]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Vincoli

☐ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☒ Mensola
☐ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI **Zoom**

N°	q1	q2	d1	d2
1	18,32	0	0	2,1
2	7,5	7,5	0	2,1

N° Carichi CONCENTRATI **Zoom**

N°	F	d
1	2	2,1

N° Coppie CONCENTRATE **Zoom**

N°	W	d
1	2,2	2,1

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	-36,4	36,99	0

Risultati

Reazioni vincolari

	MA	MB	RA	RB
kNm	-36,4	0		
kN			36,99	0

ΦA [rad] **ΦB**

max M+ **x max M+**

max M- **x max M-**

f max **x f max**

Diagrammi

☒ M ☐ V ☐ C

Stampa

N° sezioni di calcolo **Calcola**

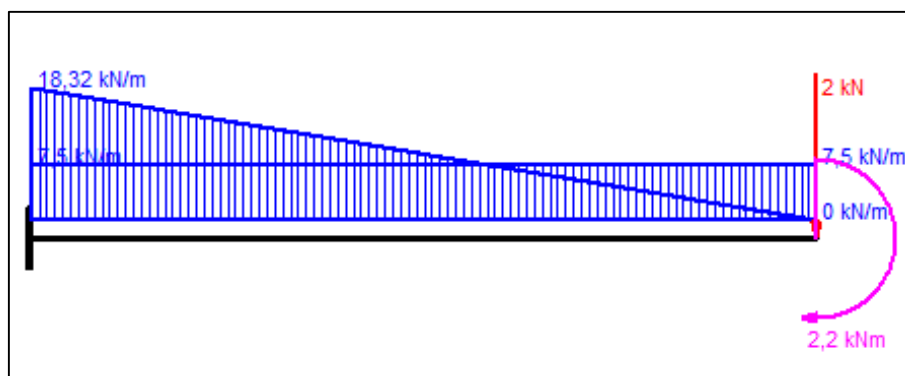


Figura 9-4 – Azioni sollecitanti SLE

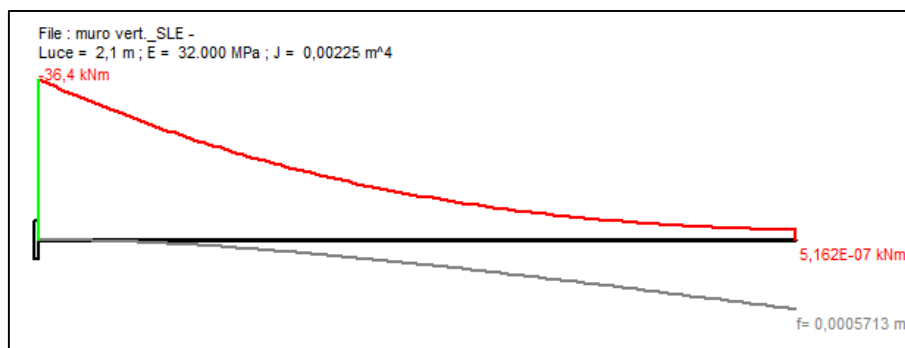


Figura 9-5 – Diagramma azione flettente SLE [kN-m/m]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Vincoli

☐ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☒ Mensola
☐ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI **Zoom**

N°	q1	q2	d1	d2
1	18,32	0	0	2,1
2	3	3	0	2,1

N° Carichi CONCENTRATI **Zoom**

N°	F	d
1	1,2	2,1

N° Coppie CONCENTRATE **Zoom**

N°	W	d
1	1,32	2,1

Risultati

Reazioni vincolari

MA kNm: -23,92 MB: 0
 RA kN: 26,74 RB: 0

Φ_A [rad]: 0 Φ_B : -0,0002377
 max M+: 1,469E-08 x max M+: 2,1
 max M-: -23,92 x max M-: 0
 f max m: 0,0003581 x f max: 2,1

Diagrammi

☒ M ☐ V ☐ C **Stampa**

Risultati all'ascissa x

x: 0 → M(x): -23,92 V(x): 26,74 f(x): 0

N° sezioni di calcolo **Calcola**

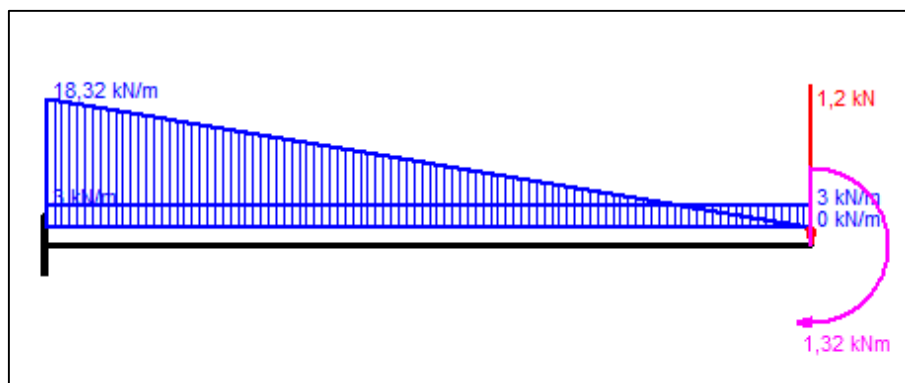


Figura 9-6 – Azioni sollecitanti SLE quasi permanente

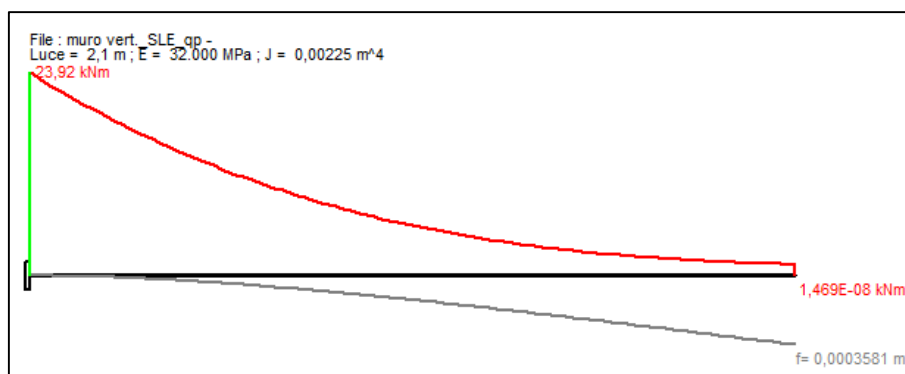


Figura 9-7 – Diagramma azione flettente SLE quasi permanente [kN·m/m]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

9.2 Fondazione opera di sostegno

Si riportano i calcoli e le sollecitazioni per le condizioni SLU e SLE caratteristica.

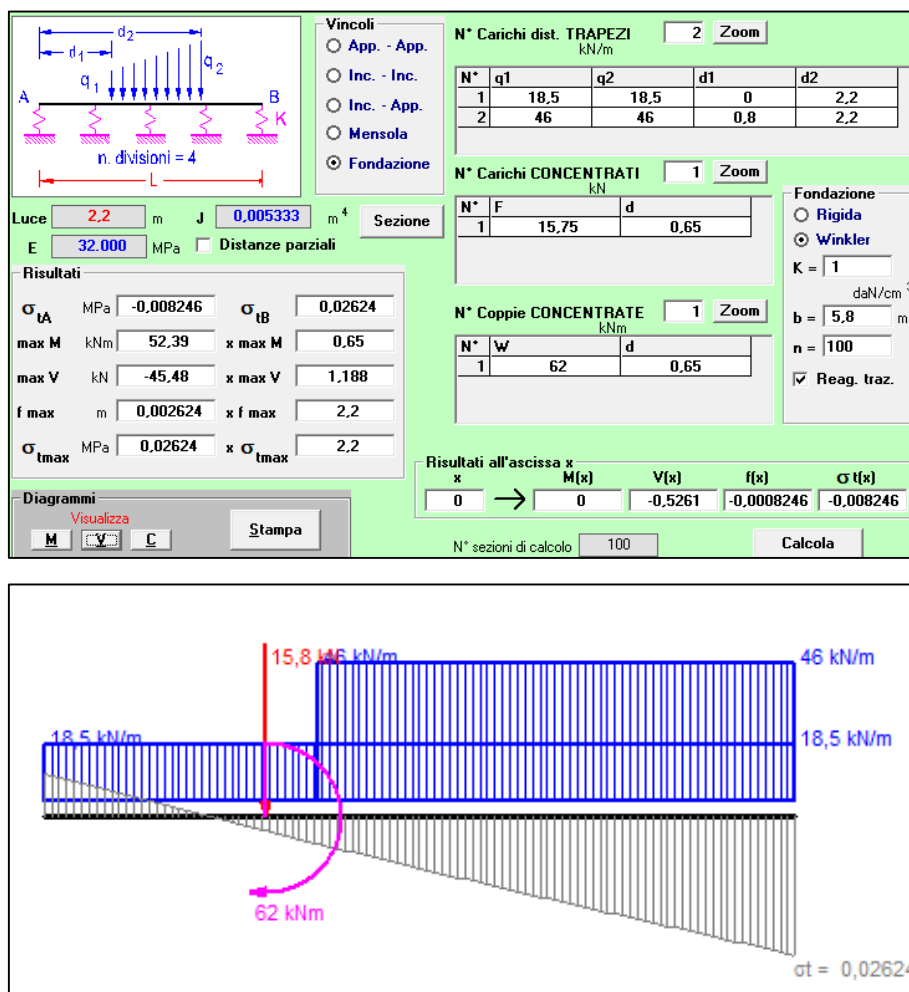


Figura 9-8 – Azioni sollecitanti SLU

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

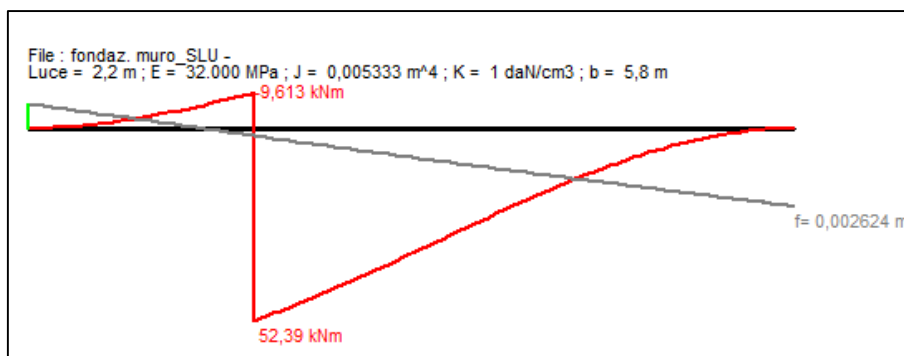


Figura 9-9 – Diagramma azione flettente SLU [kN·m/m]

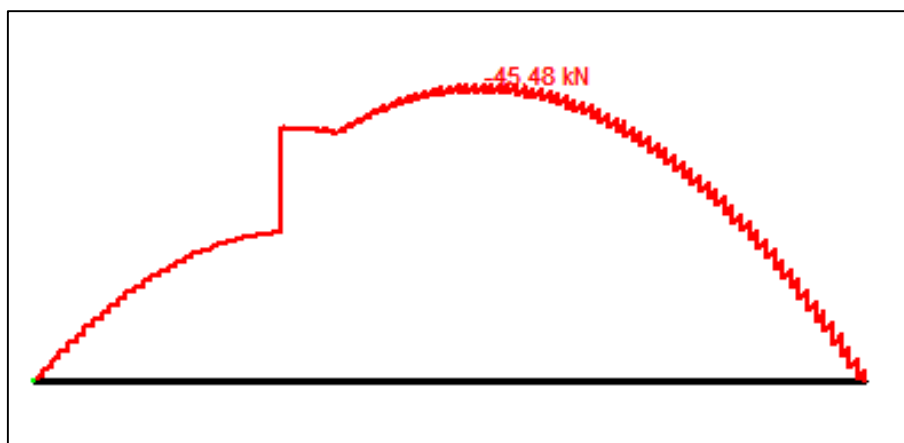


Figura 9-10 – Diagramma azione tagliante SLU [kN/m]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Vincoli

☐ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☐ Mensola
☒ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI **Zoom**

N°	q1	q2	d1	d2
1	18,5	18,5	0	2,2
2	46	46	0,8	2,2

N° Carichi CONCENTRATI **Zoom**

N°	F	d
1	15,75	0,65

N° Coppie CONCENTRATE **Zoom**

N°	W	d
1	46	0,65

Fondazione

☐ Rigida
☒ Winkler
 $K = 1$ daN/cm³
 $b = 5,8$ m
 $n = 100$
☒ Reag. traz.

Risultati

σ_{tA} MPa σ_{tB}
 $\max M$ kNm $\times \max M$
 $\max V$ kN $\times \max V$
 $f \max$ m $\times f \max$
 σ_{tmax} MPa $\times \sigma_{tmax}$

Diagrammi

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)	$\sigma_t(x)$
0	0	-0,3011	-0,0004719	-0,004719

N° sezioni di calcolo

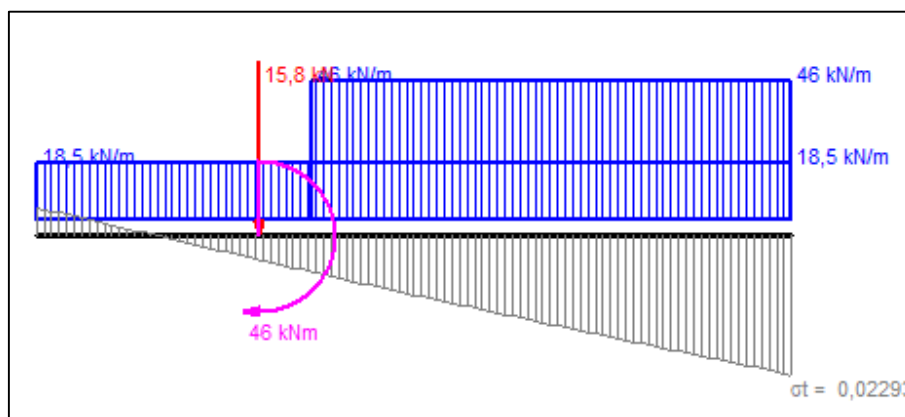


Figura 9-11 – Azioni sollecitanti SLE

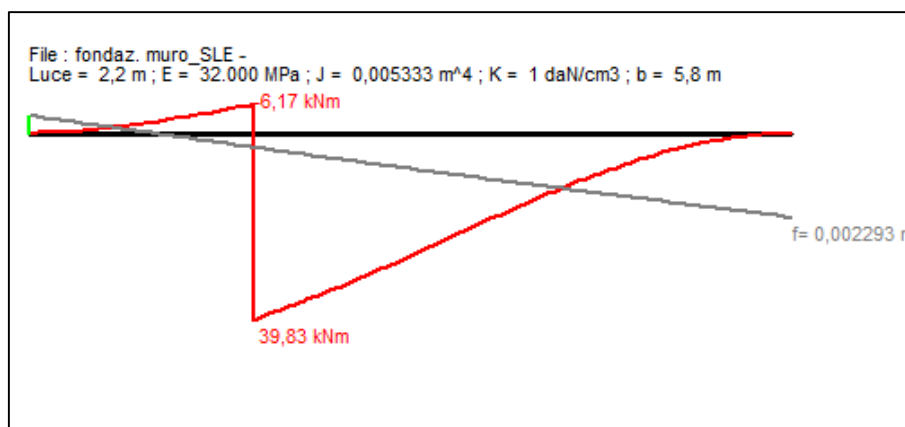


Figura 9-12 – Diagramma azione flettente SLE [kN-m/m]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Una volta effettuato il calcolo degli spostamenti e delle azioni con suolo alla Winkler, viene di seguito anche effettuato il calcolo della parte di fondazione a sbalzo soggetta alla sottospinta del terreno così come espressa nei grafici sopra (Figura 9-8 e Figura 9-11).

Prima di effettuare il calcolo però è necessario constatare se si tratta di fondazione snella oppure tozza: un plinto/ciabatta di fondazione è tozza se $h > l/2$, è invece snello se $h < l/2$ dove h =altezza fondazione, ed l =zona a "sbalzo" della fondazione rispetto al pilastro/muro.

Poiché per il caso in esame risulta $h=40\text{cm}$; $l/2=70\text{cm}$ → fondazione snella → la zona della ciabatta di fondazione può essere schematizzata e studiata come fosse una mensola incastrata in corrispondenza del muro (in caso contrario il modello di riferimento sarebbe stato un modello strut&tie).

Allora secondo quanto detto sopra si ha:

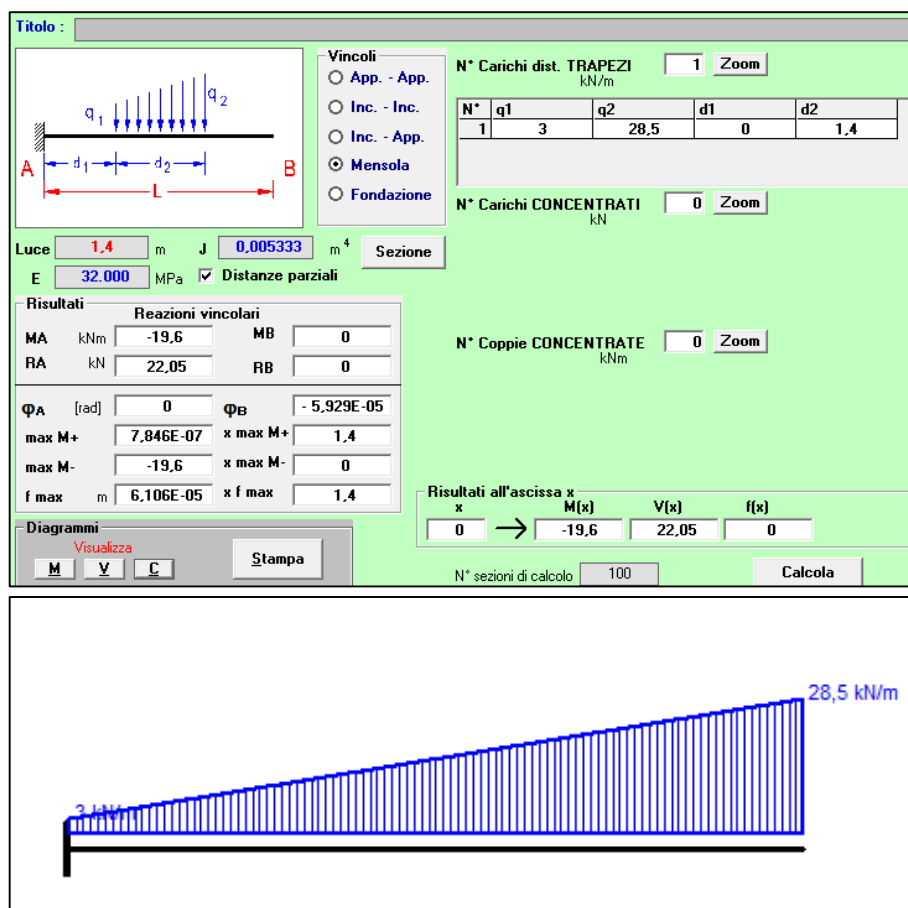


Figura 9-13 – Azioni sollecitanti SLU

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

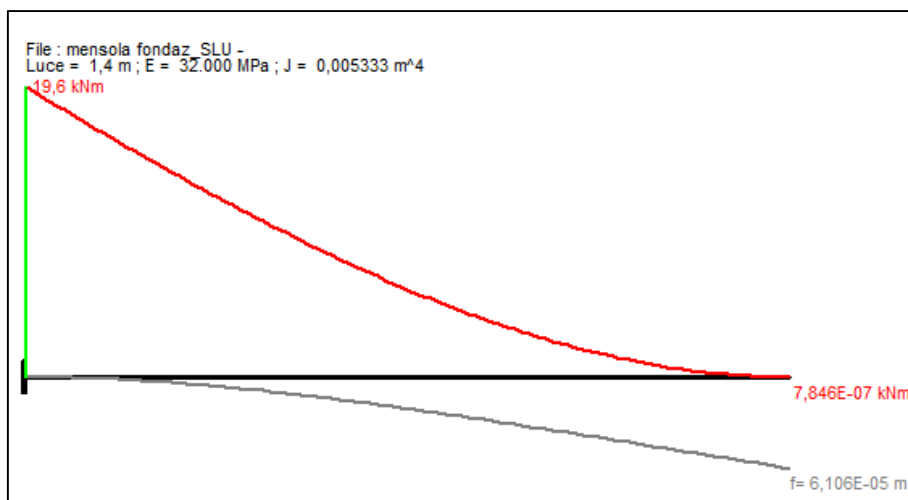


Figura 9-14 – Diagramma azione flettente SLU [kN·m/m]

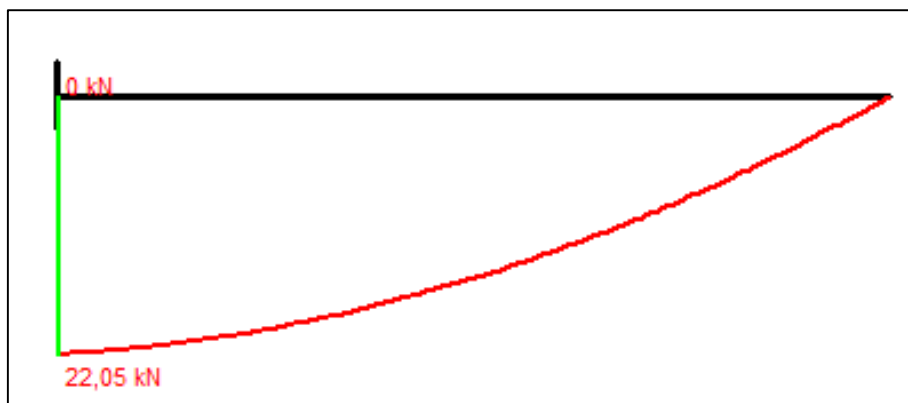
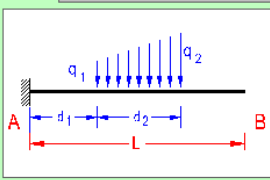


Figura 9-15 – Diagramma azione tagliante SLU [kN/m]

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Titolo :



Luce: **1.4** m J: **0,005333** m⁴ Sezione

E: **32.000** MPa ☒ Distanze parziali

Vincoli

☐ App. - App.

☐ Inc. - Inc.

☐ Inc. - App.

☒ Mensola

☐ Fondazione

Risultati

Reazioni vincolari				
MA	kNm	-17,48	MB	0
RA	kN	20,3	RB	0
ΦA	[rad]	0	ΦB	-5,226E-05
max M+		0	x max M+	0
max M-		-17,48	x max M-	0
f max	m	5,393E-05	x f max	1,4

Diagrammi

☒ Visualizza

☐ M ☐ V ☐ C

N° Carichi dist. TRAPEZI

N°	q1	q2	d1	d2
1	4,5	24,5	0	1,4

N° Carichi CONCENTRATI

N° Coppie CONCENTRATE

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)
0	-17,48	20,3	0

N° sezioni di calcolo

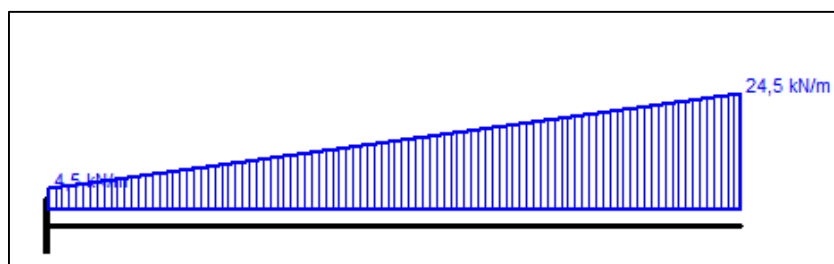


Figura 9-16 – Azioni sollecitanti SLE

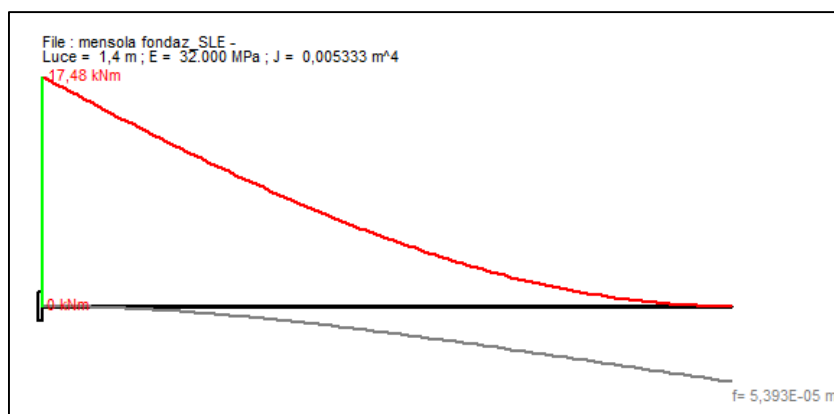


Figura 9-17 – Diagramma azione flettente SLE [kN·m/m]

NOTA: le massime azioni sollecitanti risultano inferiori rispetto a quelle di Figura 9-9, Figura 9-10, Figura 9-12 che saranno quelle utilizzati per le verifiche strutturali di cui nel seguito.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

10. VERIFICHE STRUTTURALI OPERE DI SOSTEGNO

Nel presente paragrafo sono riportate le verifiche strutturali complete per la platea di fondazione della tettoia.

10.1 Criteri di verifica per gli elementi in c.a.

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche degli elementi strutturali.

Le analisi condotte per le verifiche degli elementi in c.a. fanno riferimento alle azioni interne risultanti dal programma FEM.

Le verifiche sezionali per il c.a. sono state condotte a mezzo del programma ad Elementi Finiti e tramite di fogli di calcolo Excel auto-prodotti ed il programma di calcolo Vca_slv del Prof. Piero Gelfi gratuitamente scaricabile da internet.

Le verifiche per il c.a. sono condotte secondo le prescrizioni del §4.1 del doc. 1]:

- SLU: rottura duttile con acciaio snervato e calcestruzzo che ha raggiunto la deformazione limite dello 0.35%.
- SLE caratteristica: $\sigma_s \leq 0.8 * f_{yk}$; $\sigma_c \leq 0.6 * f_{ck}$ (σ_s è lo sforzo ammissibile nelle armature tese; σ_c rappresenta invece lo sforzo ammissibile nel calcestruzzo).
- SLE frequente: $w_k \leq 0.3 \text{ mm}$ (massima apertura della fessura in dipendenza della classe di esposizione ipotizzata).
- SLE quasi permanente: $\sigma_c \leq 0.45 * f_{ck}$; $w_k \leq 0.2 \text{ mm}$ (σ_c è lo sforzo ammissibile nel calcestruzzo).

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4 , XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4, il valore w_k è definito al § 4.1.2.2.4.5.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

4.1.2.2.4 Stato limite di fessurazione
In ordine di severità decrescente, per la combinazione di azioni prescelta, si distinguono i seguenti stati limite:
a) stato limite di decompressione, nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
b) stato limite di formazione delle fessure, nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:
$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2} \quad [4.1.13]$ dove f_{ctm} è definito nel § 11.2.10.2;
c) stato limite di apertura delle fessure, nel quale il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:
$w_1 = 0,2 \text{ mm} \quad w_2 = 0,3 \text{ mm} \quad w_3 = 0,4 \text{ mm}$
Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

prospetto 5	Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo																					
	Classi di esposizione																					
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura				Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri						Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico			
									Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti										
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3					
Massimo rapporto <i>a/c</i>	-	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45					
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30	C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37		C30/37	32/40	35/45					
Minimo contenuto in cemento (kg/m³) ^{a)}	-	300	320	340	340	360		320	340	360	320	340	360		320	340	360					
Contenuto minimo in aria (%)											b)	4,0 ^{b)}										
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati ^{c)}						

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{400\mu} > 20\text{mm}$; per $D_{400\mu}$ inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per $D_{400\mu}$ tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore *k* il rapporto massimo *a/c* e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.



Comune di Solarino
(Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)

Ing. Giulio Catinella

TITOLO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA"

Progetto esecutivo opere di sostegno

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO DOC.

Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto

N° DOC.

PE-002-25-R1-A4_01

DATA

Dic.2025

INDICE DI REV

01

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9888	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m³	Rok minima N/mm²	Contenuto minimo di aria %	Copri ferro minimo Mm
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X0	Molto secco	Cis per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
2 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cis per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	280	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cis per interni con umidità relativa moderata o alta e cis all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Corrosione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Placine, cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	40
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = 40 \text{ mm (Vedi §4.4.1 di 6)}}$$

C_{min} come da tabella UNI EN 206-1 (sopra esposta); ΔC_{dev} è la tolleranza di posa (il valore raccomandato è di 10mm).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

10.2 Verifiche strutturali c.a.

Di seguito si riportano le verifiche lato cls e lato acciaio per le massime azioni sollecitanti allo SLU ed agli SLE, secondo le prescrizioni del §4.1.2.2 e del §4.1.2.3 del D.M.17/01/2018.

Si riportano di seguito le verifiche per la massima azione flettente allo Stato Limite Ultimo (SLU) e le verifiche per le condizioni SLE effettuata con l'ausilio del programma Vcaslu.

Per la verifica a taglio e apertura di fessura sono stati utilizzati dei fogli di calcolo excel autoprodotti (NOTA: è stata effettuata la sola verifica allo SLE caratteristica che soddisfa anche le condizioni di massimo sforzo su acciaio, cls, apertura di fessura delle condizioni SLE frequente e SLE quasi permanente; pertanto tali ultime verifiche non risultano necessarie da effettuare).

Le armature introdotte sono le seguenti:

- Pareti opere di sostegno (rapporto geometrico armatura pari almeno allo 0.2% sia per armature orizzontali che verticali → §7.4.6.2.4 NTC18)
 - Armature verticali: $\Phi 14/20$ direzione.
 - Armature orizzontali: $\Phi 12/20$ direzione.
 - Spilli: $\Phi 8/40 \times 20$ (minimo da normativa: 9 spilli al m^2 → §7.4.6.2.4 NTC18).
- Fondazione opere di sostegno (armatura minima pari allo 0.2% sia superiormente che inferiormente → §7.2.5 NTC18)
 - Armature longitudinali: $\Phi 16/20$.
 - Armature trasversali: $\Phi 16/20$.

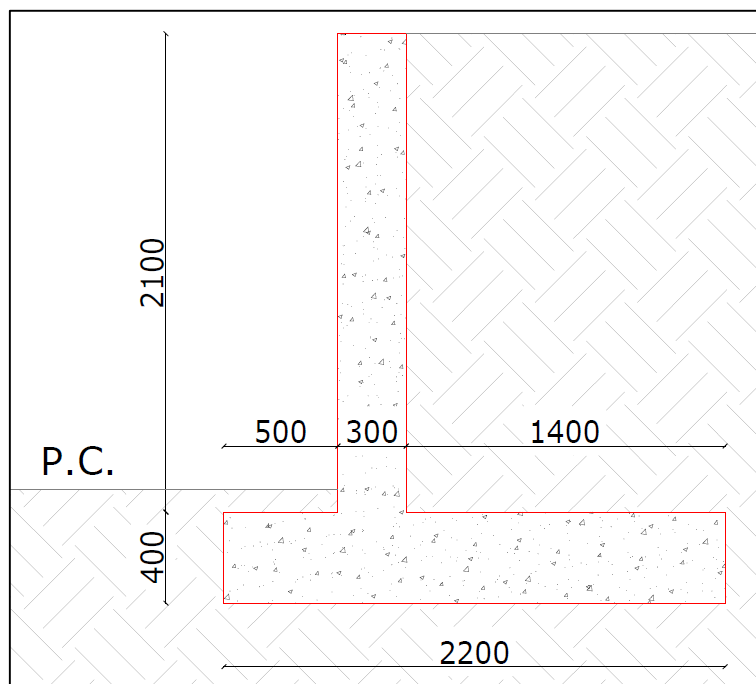


Figura 10-1 – Sezione tipologica opera di sostegno

Per maggiori dettagli sulle armature e loro disposizione, si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- PARETI VERTICALI OPERE DI SOSTEGNO

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.7	5
2	7.7	25

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

N kN
M kNm
M

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C30/37**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

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

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ cm **Col. modello**
☐ Precompresso

Figura 10-2 – Verifica SLU soddisfatta $\rightarrow M_{Rd}=77.73 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{Ed}=51.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
	Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

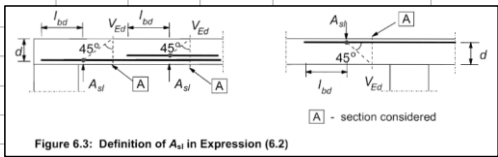
SHEAR-GENERAL VERIFICATION PROCEDURE				
Norm: [1] UNI EN 1992-1-1				
MATERIAL PROPERTIES				
Concrete				
Characteristic cube strength	R_{ck}	=	40	N/mm ²
Characteristic cylinder strength	f_{ck}	=	32	N/mm ²
Partial safety factor for concrete	γ_c	=	1.50	
Coefficient for long-term effects	α_{cc}	=	0.85	
Design value of compression resistance	f_{cd}	=	18.13	N/mm ² $f_{cd} = f_{ck} \alpha_{cc} / \gamma_c$
Steel				
Characteristic yield strength of reinforcement	f_{yk}	=	450	N/mm ²
Partial safety factor for steel	γ_s	=	1.15	N/mm ²
Design yield strength of reinforcement	f_{yd}	=	391	N/mm ² $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
DEFINITION OF GEOMETRY				
Overall depth of a cross-section	h	=	300	mm
Overall width of a cross-section	b	=	1000	mm
Concrete cover	d'	=	40	mm
Effective depth of a cross-section	d	=	260	mm
Area of the tensile reinforcement, which extends z ($l_{bd} + d$) beyond the section considered	A_{sl}	=	770	mm ²
DESIGN FORCES				
Shear at ultimate state limit	V_{Ed}	=	51.6	kN
Axial force at ultimate state limit (+ compression)	N_{Ed}	=	0.0	kN
MEMBERS NOT REQUIRING DESIGN SHEAR REINFORCEMENT				
	$C_{Rd,c}$	=	0.12	
	k	=	1.88	
Reinforcement ratio for longitudinal reinforcement	ρ_1	=	0.003	
	k_1	=	0.15	
	A_c	=	300000	mm ²
Compressive stress in the concrete from axial load	σ_{cp}	=	0.000	N/mm ²
	V_{min}	=	0.51	N/mm ²
	$V_{Rd,c}$	=	124	kN
	$V_{Rd,c \min}$	=	132	kN
	$V_{Rd,c}$	=	132	kN
 Figure 6.3: Definition of A_{sl} in Expression (6.2)				
$V_{Ed}/V_{Rd,c} < 1$				Minimum amount of shear reinforcement

Figura 10-3 – Verifica massima azione tagliante soddisfatta $\rightarrow V_{Rd}=132 \text{ kN} > V_{Ed}=51.6 \text{ kN}$ (senza la necessità di introduzione armature a taglio)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,7	5
2	7,7	25

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

Sollecitazioni
☒ S.L.U. ☐ Metodo n

N _{Ed}	0	0 kN
M _{xEd}	51,9	36,4 kNm
M _{yEd}	0	0

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

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

Materiali

B450C		C30/37	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	11,5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,6933
		τ _{c1}	2,029

σ_c -4,71 N/mm²
 σ_s 208,4 N/mm²
 ε_s 1,042 ‰
 d 25 cm
 x 6,329 x/d 0,2532
 δ 0,7565

Verifica
 N° iterazioni: 4
☐ Precompresso

Figura 10-4 – Verifica SLE massimo sforzo acciaio e cls. soddisfatta → $\sigma_{cls} = 4.71 \text{ MPa} < \sigma_{amm} = 14.4 \text{ MPa}$; $\sigma_s = 208.4 \text{ MPa} < \sigma_{amm} = 360 \text{ MPa}$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

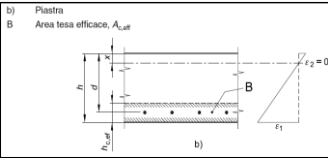
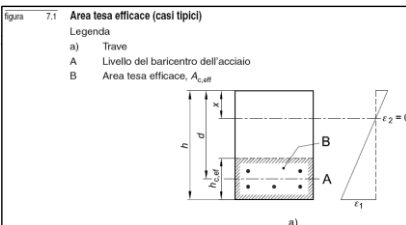
STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1: 2005 Par.7.3	
Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 300 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 250 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 50 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 40 [mm]
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	nf.1 = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φφ.1 = 14 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	Asf.1 = 770 [mm²]
Armatura tesa di infittimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	nf.2 = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φφ.2 = 0 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	Asf.2 = 0 [mm²]
Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	fck = 32 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	fctm = 3.0 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	Ecm = 33346 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	fyk = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	Es = 200000 [MPa]
DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σs = 208.4 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 63.29 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	αε = 6.00 [-]
Coefficiente di omogeneizzazione	As = 770 [mm²]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	Ac,eff.1 = 125000 [mm²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	Ac,eff.2 = 78903 [mm²]
	Ac,eff.3 = 150000 [mm²]
	Ac,eff.min = 78903 [mm²]
	
	
	
Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρs,eff = 0.00975 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	fct,eff = 3.0 [MPa]
Fattore di durata del carico	kt = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls	
	[εsm - εxμ]μv = 0.000625 [-]
	[εsm - εxμ]αλ = 0.000386 [-]
	[εsm - εxμ] = 0.000625 [-]
Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	
Diametro equivalente delle barre	s = 200 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	φeθ = 14.00 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	smax,rif = 235 [mm]
	k1 = 0.800 [-]
	k2 = 0.500 [-]
	k3 = 3.400 [-]
	k4 = 0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	
	sr,max.1 = 380 [mm]
	sr,max.2 = 308 [mm]
	sr,max = 380 [mm]
Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w k.lim = 0.30 [mm]
	wk = 0.24 [mm]

Figura 10-5 – Verifica SLE massima apertura di fessura soddisfatta → $w_{Ed}=0.24 \text{ mm} < w_{lim}=0.3 \text{ mm}$ (verifica soddisfatta in condizione SLE rara già per la condizione SLE frequente)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7,7	5
2	7,7	25

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

Sollecitazioni
☒ S.L.U. ☐ Metodo n

N _{Ed}	0	0 kN
M _{xEd}	51,9	23,92 kNm
M _{yEd}	0	0

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

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

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8 ?
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11,5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0,6933
		τ_{c1}	2,029

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica **N° iterazioni:**

☐ Precompresso

Figura 10-6 – SLE quasi permanente

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

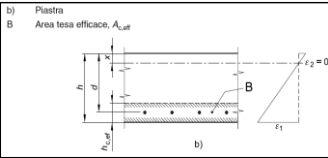
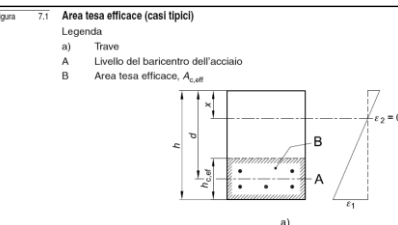
STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1: 2005 Par.7.3	
Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 300 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 250 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 50 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 40 [mm]
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	nf.1 = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φφ.1 = 14 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	Asf.1 = 770 [mm²]
Armatura tesa di infittimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	nf.2 = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φφ.2 = 0 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	Asf.2 = 0 [mm²]
Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	fck = 32 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	fctm = 3.0 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	Ec = 33346 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	fyk = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	Es = 200000 [MPa]
DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σs = 136.9 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 63.29 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	αε = 6.00 [-]
Coefficiente di omogeneizzazione	As = 770 [mm²]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	Ac,eff.1 = 125000 [mm²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	Ac,eff.2 = 78903 [mm²]
	Ac,eff.3 = 150000 [mm²]
	Ac,eff.min = 78903 [mm²]
	
	
	
Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρs,eff = 0.00975 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	fct,eff = 3.0 [MPa]
Fattore di durata del carico	kt = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls	
	[εsm - εxm]μv = 0.000411 [-]
	[εsm - εxm]αλ = 0.000028 [-]
	[εsm - εxm] = 0.000411 [-]
Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	
Diametro equivalente delle barre	s = 200 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	φe0 = 14.00 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	smax,rif = 235 [mm]
	k1 = 0.800 [-]
	k2 = 0.500 [-]
	k3 = 3.400 [-]
	k4 = 0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	
	sr,max.1 = 380 [mm]
	sr,max.2 = 308 [mm]
	sr,max = 380 [mm]
Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	
	wk,lim = 0.20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	
	wk = 0.16 [mm]

Figura 10-7 – apertura di fessura SLE quasi permanente → $w_{Ed}=0.16 \text{ mm} < w_{lim}=0.2 \text{ mm}$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- FONDAZIONI OPERE DI SOSTEGNO

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	5
2	10,05	35

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

N Ed **0** kN
M xEd **40** kNm
M yEd **0**

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C30/37**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

M xRd kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 0,7

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

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ cm **Col. modello**
☐ Precompresso

Figura 10-8 – Verifica SLU soddisfatta → $M_{Rd}=136,5 \text{ kN}\cdot\text{m} > M_{Ed}=53 \text{ kN}\cdot\text{m}$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
	Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

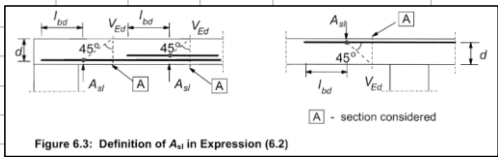
SHEAR-GENERAL VERIFICATION PROCEDURE				
Norm: [1] UNI EN 1992-1-1				
MATERIAL PROPERTIES				
Concrete				
Characteristic cube strength	R_{ck}	=	40	N/mm ²
Characteristic cylinder strength	f_{ck}	=	32	N/mm ²
Partial safety factor for concrete	γ_c	=	1.50	
Coefficient for long-term effects	α_{cc}	=	0.85	
Design value of compression resistance	f_{cd}	=	18.13	N/mm ² $f_{cd} = f_{ck} \alpha_{cc} / \gamma_c$
Steel				
Characteristic yield strength of reinforcement	f_{yk}	=	450	N/mm ²
Partial safety factor for steel	γ_s	=	1.15	N/mm ²
Design yield strength of reinforcement	f_{yd}	=	391	N/mm ² $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$
DEFINITION OF GEOMETRY				
Overall depth of a cross-section	h	=	400	mm
Overall width of a cross-section	b	=	1000	mm
Concrete cover	d'	=	40	mm
Effective depth of a cross-section	d	=	360	mm
Area of the tensile reinforcement, which extends z ($l_{bd} + d$) beyond the section considered	A_{sl}	=	1005	mm ²
DESIGN FORCES				
Shear at ultimate state limit	V_{Ed}	=	46.0	kN
Axial force at ultimate state limit (+ compression)	N_{Ed}	=	0.0	kN
MEMBERS NOT REQUIRING DESIGN SHEAR REINFORCEMENT				
	$C_{Rd,c}$	=	0.12	
	k	=	1.75	
Reinforcement ratio for longitudinal reinforcement	ρ_1	=	0.003	
	k_1	=	0.15	
	A_c	=	400000	mm ²
Compressive stress in the concrete from axial load	σ_{cp}	=	0.000	N/mm ²
	V_{min}	=	0.46	N/mm ²
	$V_{Rd,c}$	=	156	kN
	$V_{Rd,c \min}$	=	164	kN
	$V_{Rd,c}$	=	164	kN
 Figure 6.3: Definition of A_{sl} in Expression (6.2)				
$V_{Ed}/V_{Rd,c} < 1$				Minimum amount of shear reinforcement

Figura 10-9 – Verifica massima azione tagliante soddisfatta $\rightarrow V_{Rd}=164 \text{ kN} > V_{Ed}=46 \text{ kN}$ (senza la necessità di introduzione armature a taglio)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** **N° strati barre** **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	10,05	5
			2	10,05	35

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

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

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

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

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

Materiali

B450C		C30/37	
ε _{su}	67,5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	ε _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8
ε _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	11,5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,6933
		τ _{c1}	2,029

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica **N° iterazioni:**

☐ Precompresso

Figura 10-10 – Verifica SLE massimo sforzo acciaio e cls. soddisfatta → $\sigma_{cls} = 2.613 \text{ MPa} < \sigma_{amm} = 14.4 \text{ MPa}$;
 $\sigma_s = 124.7 \text{ MPa} < \sigma_{amm} = 360 \text{ MPa}$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

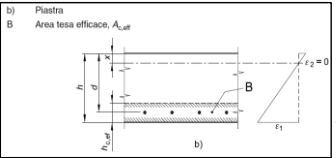
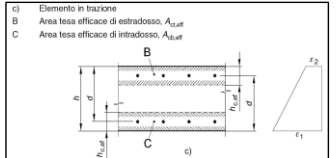
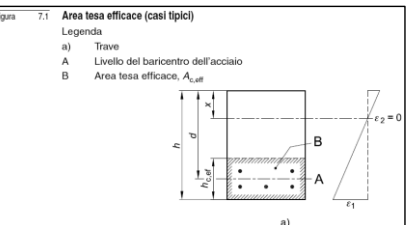
STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE - Rif. UNI EN 1992-1-1: 2005 Par.7.3	
Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 400 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 350 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 50 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 40 [mm]
Armatura tesa ordinaria	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	nf.1 = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φφ.1 = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	Asf.1 = 1005 [mm²]
Armatura tesa di infittimento	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	nf.2 = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φφ.2 = 0 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	Asf.2 = 0 [mm²]
Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	fck = 32 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	fctm = 3.0 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	Ec = 33346 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	fyk = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	Es = 200000 [MPa]
DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σs = 124.7 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 83.73 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	Lunga
Coefficiente di omogeneizzazione	αε = 6.00 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	As = 1005 [mm²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	Ac,eff.1 = 125000 [mm²]
	Ac,eff.2 = 105423 [mm²]
	Ac,eff.3 = 200000 [mm²]
	Ac,eff.min = 105423 [mm²]
	
	
	
Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρs,eff = 0.00954 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	fct,eff = 3.0 [MPa]
Fattore di durata del carico	kt = 0.4 [-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls	
	[εsm - εxm]μv = 0.000374 [-]
	[εsm - εxm]αλ = -0.000047 [-]
	[εsm - εxm] = 0.000374 [-]
Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	
	s = 200 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φeq = 16.00 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	smax,rif = 240 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k1 = 0.800 [-]
	k2 = 0.500 [-]
	k3 = 3.400 [-]
	k4 = 0.425 [-]
Distanza massima tra le fessure	
	sr,max.1 = 421 [mm]
	sr,max.2 = 411 [mm]
	sr,max = 421 [mm]
Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	
	wk,lim = 0.20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	
	wk = 0.16 [mm]

Figura 10-11 – Verifica SLE massima apertura di fessura soddisfatta → $\sigma_{Ed} = 0.16 \text{ mm} < \sigma_{lim} = 0.2 \text{ mm}$ (condizione allo SLE rara che soddisfa già la condizione SLE quasi permanente e quindi anche SLE frequente)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

10.3 Verifica deformabilità

Il massimo spostamento risulta pari a 2.3mm (vedi *Figura 9-12*).

La massima deformazione ammissibile per l'opera, data dal Committente dell'opera, imposto come cedimento differenziale massimo è pari a $L/300=7.33\text{mm}$ → La verifica risulta soddisfatta.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

11. VERIFICHE GEOTECNICHE OPERE DI SOSTEGNO

Le verifiche geotecniche da eseguire fanno riferimento al §6 del doc.1], ed in particolare:

- Per le opere di fondazione superficiale il §6.4.2 del doc.1].
- Per le opere di sostegno il §6.5 del doc.1].

Si riportano di seguito degli estratti

- Fondazioni superficiali

6.4.2. FONDAZIONI SUPERFICIALI

La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.

Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua.

In situazioni nelle quali sono possibili fenomeni di erosione o di scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale, le fondazioni devono essere poste a profondità tale da non risentire di questi fenomeni o devono essere adeguatamente difese.

In presenza di azioni sismiche, oltre a quanto previsto nel presente paragrafo, le fondazioni superficiali devono rispettare i criteri di verifica di cui al successivo § 7.11.5.3.1

6.4.2.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- **SLU di tipo geotecnico (GEO)**
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - collasso per scorrimento sul piano di posa;
 - stabilità globale.
- **SLU di tipo strutturale (STR)**
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto nel § 6.8, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale (STR), il coefficiente γ_s non deve essere portato in conto.

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

6.4.2.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Al fine di assicurare che le fondazioni risultino compatibili con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), si deve verificare il rispetto della condizione [6.2.7], calcolando i valori degli spostamenti e delle distorsioni nelle combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3, tenendo conto anche dell'effetto della durata delle azioni.

Forma, dimensioni e rigidezza della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

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

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

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

- **Opere di sostegno**

6.5. OPERE DI SOSTEGNO Le norme si applicano a tutte le costruzioni e agli interventi atti a sostenere in sicurezza un corpo di terreno o di materiale con comportamento simile. In particolare : - muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio del muro e a quello del terreno direttamente agente su di esso (ad esempio muri a gravità, muri a mensola, muri a contrafforti); - paratie, per le quali la funzione di sostegno è assicurata principalmente dalla resistenza del volume di terreno posto innanzi l'opera e da eventuali ancoraggi e puntoni; - strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento. In presenza di azioni sismiche, oltre a quanto previsto nel presente paragrafo, le opere di sostegno devono rispettare i criteri di verifica di cui al successivo § 7.11.6. 6.5.1 CRITERI GENERALI DI PROGETTO La scelta del tipo di opera di sostegno deve essere effettuata in base alle dimensioni e alle esigenze di funzionamento dell'opera, alle caratteristiche meccaniche dei terreni in sede e di riporto, al regime delle pressioni interstiziali, all'interazione con i manufatti circostanti, alle condizioni generali di stabilità del sito. Deve inoltre tener conto dell'incidenza sulla sicurezza di dispositivi complementari (quali rinforzi, drenaggi, tiranti e ancoraggi) e delle fasi costruttive. Nei muri di sostegno, il terreno di riempimento a tergo del muro deve essere posto in opera con opportuna tecnica di costipamento ed avere granulometria tale da consentire un drenaggio efficace nel tempo. Si può ricorrere all'uso di geotessili, con funzione di separazione e filtrazione, da interporre fra il terreno in sede e quello di riempimento. Il drenaggio deve essere progettato in modo da risultare efficace in tutto il volume significativo a tergo del muro. Devono essere valutati gli effetti derivanti da parziale perdita di efficacia di dispositivi particolari quali sistemi di drenaggio superficiali e profondi, tiranti ed ancoraggi. Per tutti questi interventi deve essere predisposto un dettagliato piano di controllo e monitoraggio nei casi in cui la loro perdita di efficacia configuri scenari di rischio. In presenza di costruzioni preesistenti, il comportamento dell'opera di sostegno deve garantire i previsti livelli di funzionalità e stabilità. In particolare, devono essere valutati gli spostamenti del terreno a tergo dell'opera e verificata la loro compatibilità con le condizioni di sicurezza e funzionalità delle costruzioni preesistenti. Inoltre, nel caso in cui in fase costruttiva o a seguito della adozione di sistemi di drenaggio si determini una modifica delle pressioni interstiziali nel sottosuolo se ne devono valutare gli effetti, anche in termini di stabilità e funzionalità delle costruzioni preesistenti. Le indagini geotecniche devono avere estensione tale da consentire la verifica delle condizioni di stabilità locale e globale del complesso opera-terreno, tenuto conto anche di eventuali moti di filtrazione. Devono essere prescritte le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali di riempimento. 6.5.2 AZIONI Si considerano azioni sull'opera di sostegno quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi, all'acqua, ad eventuali ancoraggi presollecitati, al moto ondoso, ad urti e collisioni, alle variazioni di temperatura e al ghiaccio.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

6.5.2.1 SOVRACCARICHI

Nel valutare il sovraccarico a tergo di un'opera di sostegno si deve tener conto della eventuale presenza di costruzioni, di depositi di materiale, di veicoli in transito, di apparecchi di sollevamento.

6.5.2.2 MODELLO GEOMETRICO DI RIFERIMENTO

Il modello geometrico deve tenere conto delle possibili variazioni del profilo del terreno a monte e a valle del paramento rispetto ai valori nominali.

Nel caso in cui la funzione di sostegno è affidata alla resistenza del volume di terreno a valle dell'opera, la quota di valle deve essere diminuita di una quantità pari al minore dei seguenti valori:

- 10% dell'altezza di terreno da sostenere nel caso di opere a sbalzo;
- 10 % della differenza di quota fra il livello inferiore di vincolo e il fondo scavo nel caso di opere vincolate;
- 0,5 m.

Il livello della superficie libera dell'acqua deve essere scelto sulla base di misure e sulla possibile evoluzione del regime delle pressioni interstiziali anche legati a eventi di carattere eccezionale e a possibili malfunzionamenti dei sistemi di drenaggio. In assenza di particolari sistemi di drenaggio, nelle verifiche allo stato limite ultimo, si deve sempre ipotizzare che la superficie libera della falda non sia inferiore a quella del livello di sommità dei terreni con bassa permeabilità ($k < 10^{-6}$ m/s).

6.5.3 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le verifiche eseguite mediante analisi di interazione terreno-struttura o con metodi semplificati devono sempre rispettare le condizioni di equilibrio e congruenza e la compatibilità con i criteri di resistenza del terreno. È necessario inoltre portare in conto la dipendenza della spinta dei terreni dallo spostamento dell'opera.

6.5.3.1 VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

6.5.3.1.1 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.I] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

In generale, le ipotesi di calcolo delle spinte devono essere giustificate sulla base dei prevedibili spostamenti relativi manufatto-terreno, oppure determinate con un'analisi dell'interazione terreno-struttura. Le spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti

della filtrazione nel terreno. Nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno. I valori assunti per il relativo coefficiente di attrito devono essere giustificati in base alla natura dei materiali a contatto e all'effettivo grado di mobilitazione.

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro. In casi particolari, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e alle modalità costruttive, la presa in conto di un'aliquota (comunque non superiore al 50%) di tale resistenza è subordinata all'assunzione di effettiva permanenza di tale contributo, nonché alla verifica che gli spostamenti necessari alla mobilitazione di tale aliquota siano compatibili con le prestazioni attese dell'opera.

Nel caso di strutture miste o composite, le verifiche di stabilità globale devono essere accompagnate da verifiche di stabilità locale e di funzionalità e durabilità degli elementi singoli.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
	Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

Di seguito verranno effettuate le verifiche di capacità portante fondazione-terreno e scorrimento sul piano di posa del terreno rispetto alle massime azioni sollecitanti tramite l'ausilio del Software di calcolo gratuito Califfo.

Le verifiche di ribaltamento verranno effettuate per mezzo di foglio excel autoprodotta.

Le verifiche di stabilità globale non sono necessarie in quanto il terreno non si trova in corrispondenza di un pendio e pertanto non vi è necessità di effettuare tale tipologia di verifica.

11.1 Verifica capacità portante e scorrimento fondazione

La verifica è stata effettuata con l'ausilio del software "Califfo" (vedi §8). Di seguito la verifica.

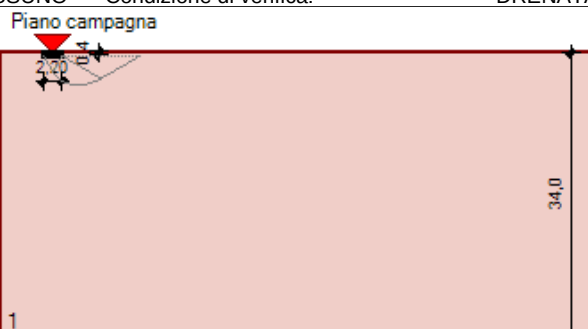
Dati di input generale e geometria fondazione

Teoria statica: ROCCE (1968)			
Geometria fondazione	[B] Larghezza (dir y):	2,20 m	[L] Lunghezza (dir x): 2,20 m
			[D] Profondità (dir z): 0,40 m
[η] Angolo di inclinazione del piano di posa nella direzione di B:	0,0°	[β] Angolo di inclinazione del pendio: 0,0°	
Carico permanente uniforme al piano campagna [q0]:	0,00 kPa	Profondità falda dal piano di campagna: -130,00 m	
	Indice RQD:	0,500	
Criterio di punzonamento:	NESSUNO	Condizione di verifica:	DRENATA

N.	Y _{nat}	Y _{sat}	φ	c'	c _u	H _{str}	E _{ed}	D _r
1	22,00	22,00	30,0	45,00	0,00	34,00	210850,00	0,90
2	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Legenda

N.: Numero strato dal piano di campagna verso il basso
 Y_{nat}: Peso specifico contenuto naturale d'acqua (kN/m³)
 Y_{sat}: Peso specifico condizioni di saturazione d'acqua (kN/m³)
 φ: angolo d'attrito interno (deg)
 c': Coesione drenata (kPa)
 c_u: Coesione non drenata (kPa)
 H_{str}: Spessore dello strato (m)
 E_{ed}: Modulo edometrico (kPa)
 D_r: Densità relativa



Dati geotecnici di calcolo strato equivalente

Medie ponderate svolte tra le quote 0,40 m e 4,80 m	φ	c'	c _u	E _{ed}	D _r
22,00 30,0 45,00 210850,00 0,90					

Descrizione sintetica della teoria utilizzata

$$Q_{ult} = (c' \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c \cdot p_c \cdot e_c + q' \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot p_q \cdot e_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma \cdot p_\gamma \cdot e_\gamma) \cdot RQD^2 \quad Q_{ult} = q_{ult} \cdot B \cdot L'$$

Fattori di capacità portante

$$N_c = 5 \cdot \tan^4(\pi/4 + \phi/2)$$

$$N_q = \tan^6(\pi/4 + \phi/2)$$

$$N_\gamma = (Kp/Ka - 1) \cdot \tan(\phi)$$

Fattori di profondità

$$d_c = d_q \cdot (1 - d_q) / (N_q - 1)$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot K \cdot \tan(\phi) \cdot (1 - \sin(\phi))^2 \quad D < B \quad K = D/B, \quad D > B \quad K = \arctan(D/B)$$

$$d_\gamma = 1.0$$

Fattori di inclinazione base fondazione

$$b_c = b_q \cdot (1 - b_q) / (N_q - 1)$$

Fattori di forma

$$S_c = S_q \cdot (1 - S_q) / (N_q - 1)$$

$$S_q = 1 + B'/L' \cdot \tan(\phi)$$

$$S_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B'/L'$$

Fattori di inclinazione dei carichi

$$i_c = i_q \cdot (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_q = (1 - V / (N + B' \cdot L' \cdot c' / \tan(\phi)))^m$$

$$i_\gamma = (1 - V / (N + B' \cdot L' \cdot c' / \tan(\phi)))^{(m+1)}$$

Fattori di inclinazione pendio

$$g_c = g_q \cdot (1 - g_q) / (N_q - 1)$$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

$$b_q = (1 - \eta \cdot \tan(\varphi))^2 - \eta \text{ angolo inclinazione base}$$

$$b_y = (1 - \eta \cdot \tan(\varphi))^2 - \eta \text{ angolo inclinazione base}$$

$$g_q = (1 - \tan(\beta))^2 - \beta \text{ angolo inclinazione pendio}$$

$$g_d = (1 - \tan(\beta))^2 - \beta \text{ angolo inclinazione pendio}$$

Fattori di punzonamento

$p_c = 1.0$ (punzonamento non ritenuto possibile)
 $p_q = 1.0$ (punzonamento non ritenuto possibile)
 $p_y = 1.0$ (punzonamento non ritenuto possibile)

Fattori riduttivi per sisma

$e_c = 1.0$ (sisma non considerato)
 $e_q = 1.0$ (sisma non considerato)
 $e_y = 1.0$ (sisma non considerato)

q' : pressione litostatica alla profondità D (0,40 m di imposta fondazione: 8,80 kPa)
 I valori di γ , φ , c' sono i parametri geotecnici di calcolo dello strato equivalente (vedi tabella sopra riportata)
 B' , L' : Dimensioni efficaci della fondazione ($B' = B - 2 \cdot M_x / N$ - $L' = L - 2 \cdot M_y / N$) (se $B' > L'$ le due dimensioni vengono scambiate tra loro)
 π : valore di phi greco (3.14159...)
 V risultante dei tagli $\text{radq}(V_x^2 + V_y^2)$ - N sforzo normale
 $m = m_1 \cdot \cos^2(\theta) + m_b \cdot \sin^2(\alpha)$ - dove $m_1 = (2 + L/B) / (1 + L/B)$, $m_b = (2 + B/L) / (1 + B/L)$, θ angolo di V con la direzione di L

Verifiche a scorrimento

$H = \text{radq}(V_x^2 + V_y^2)$ - forza di scorrimento $R_{\text{scorr}} = N' \cdot \tan(b \cdot \varphi) / \gamma_m + a \cdot c' \cdot B' \cdot L'$ - resistenza allo scorrimento
 $b = 1,00$ - $b \cdot \varphi$: angolo di attrito fondazione-terreno
 $\gamma_m = 1,00$ - fattore parziale di sicurezza applicato a $\tan(b \cdot \varphi)$
 $a = 1,00$ - fattore riduttivo della coesione per ottenere l'adesione terreno-fondazione
 $N' = N \cdot \cos(\alpha) + V_y \cdot \sin(\alpha)$ - $V_y = N \cdot \sin(\alpha) + V_x \cdot \cos(\alpha)$ - α angolo inclinazione base fondazione

Valori numerici dei dati che non si modificano ad ogni combinazione di carico

$N_c =$	45,000	$N_q =$	27,000	$N_y =$	28,000
$c' =$	45,00 kPa	$q =$	8,80 kPa	$q =$	22,00 kN/m ³

Descrizione simbologia ed opzioni speciali

Riferimento globale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z verticale
 Riferimento locale: asse X parallelo ad L, Y parallelo a B, asse Z ortogonale alla base fondazione (eventualmente inclinata)

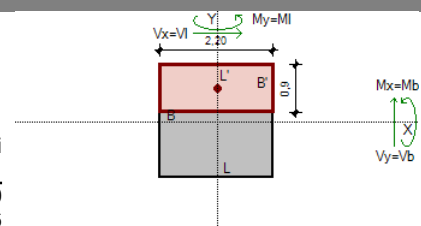
Combinazione di carico: 1 - statica $B' = 0,93$ m; $L' = 2,20$ m

N (kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	V_x (kN)	V_y (kN)
205,00	130,00			107,00 Riferimento globale
205,00	130,00			107,00 Riferimento locale

	Fattori s	Fattori d	Fattori i	Fattori b	Fattori g	Fattori p	Fattori e	Globali
c	1,220	1,055	0,537	1,000	1,000			0,690
q	1,212	1,052	0,554	1,000	1,000			0,706
y	0,831	1,000	0,391	1,000	1,000			0,325

$$q_{ult} = 414,68 \text{ kPa} \quad Q_{ult} = 849,99 \text{ kN} \quad R = Q_{ult} / N = 4,146 > R3 = 2,3$$

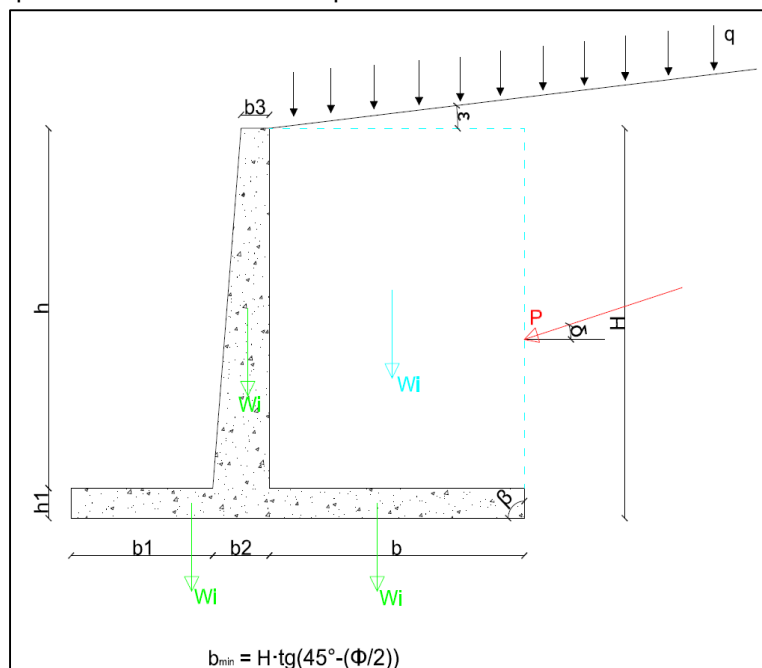
$$H = 107,00 \text{ kN} \quad R_{scorr} = 210,60 \text{ kN} \quad R = R_{scorr} / H = 1,968 > R3 = 1,1$$



 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

11.2 Verifica a ribaltamento e scorrimento opera di sostegno

La verifica è stata effettuata per mezzo di foglio excel autoprodotta che rispecchia le prescrizioni Normative Vigenti (§6.5 e §7.11.6 D.M.17/01/2018, doc.1). Le azioni sollecitanti sono state calcolate secondo quanto descritto al §7 della presente relazione.



 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)		TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO		
Ing. Giulio Catinella		TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

Dati Input				
Φ	30	°	0.52	rad
β	90	°	1.57	rad
ϵ	0	°	0.00	rad
δ	20.0	°	0.35	rad
γ'	22.0	kN/m3		
H	2.5	m		
h	2.1	m		
h1	0.40	m		
b1	0.50	m		
b2	0.30	m		
b3	0.30	m		
b	1.40	m	OK	1.21 bmin [m]
Input Sisma				
ag/g	0.396			
Ss	1			
Sr	1			
muri liberi di subire spost. relat. risp. al terreno		\$7.11 NTC18	β_m	0.38
Valori sismici \$7.11 NTC18				
kh	0.150			
kV	0.075	N.B.: [pos. o neg]		
Calcolo coeff. per spinta sismica terreno secondo Mononobe-Okabe				
θ	9.2	°	0.161	rad
KAE	0.45			
PAE	33.1	kN/m	Spinta dinamica terreno secondo M.-O.	
PAE,x	31.08	kN/m	Spinta dinam. ter. dir. x secondo M.-O.	
bz	0.83333333	m	braccio spinta dir. x	
PAE,z	11.31	kN/m	Spinta dinam. ter. dir. z secondo M.-O.	
bx	2.2	m	braccio spinta dir. z	
Calcolo spinta sismica dinamica dovuta all'acqua (falda a quota z="alta")				
Hw	0	m	N.B.: falda non presente	
Yw	10	kN/mc	vedi \$7.7 relazione per altri dettagli	
Ews	0.00	kN/m	Spinta dinamica acqua	
bz,w	0	m	braccio spinta dir. x	

Peso proprio muro + terreno in tratteggio 'ciano'			
Yc.a.	25	kN/mc	
W_1	8.00	kN/m	Peso di "b1+b2"-oriz.
Sx,w1	1.20	kN/m	
Sz,w1	7.40	kN/m	
W_2	14.00	kN/m	Peso di "b"-oriz.
Sx,w2	2.11	kN/m	
Sz,w2	12.95	kN/m	
W_3	0.00	kN/m	Peso di "b2-b3"-vert.
Sx,w3	0.00	kN/m	
Sz,w3	0.00	kN/m	
W_4	15.75	kN/m	Peso di "b3"-vert.
Sx,w4	2.37	kN/m	
Sz,w4	14.56	kN/m	
W_ter	64.68	kN/m	Peso terreno
Sx,Wter.	9.73	kN/m	
Sz,Wter.	59.81	kN/m	
bz	1.18	m	media pesata: braccio Mrib
W_x	15.41	kN/m	Peso proprio per Mrib.
bx	1.28	m	media pesata: braccio Mstab
W_z	94.72	kN/m	Peso proprio per Mstab.



Comune di Solarino
(Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)

TITOLO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA"

Progetto esecutivo opere di sostegno

PROGETTO ESECUTIVO

Ing. Giulio Catinella

TITOLO DOC.

Relazione di calcolo
strutturale – opere di
sostegno e parapetto

N° DOC.

PE-002-25-R1-A4_01

DATA

Dic.2025

INDICE DI REV

01

Dati Input strato 1				
Φ	30	°	0.52	rad
β	90	°	1.57	rad
ϵ	0	°	0.00	rad
δ	20.0	°	0.35	rad
γ'	22.0	kN/m3		
h_{s1}	1.0	m		
$h1$	0.4	m		
$b1$	0.5	m		
$b2$	0.3	m		
$b3$	0.30	m		
b	1.4	m		
H	2.5	m		
Calcolo spinta terreno 1				
k_A	0.333			
$\sigma'h$	0	kN/mq	z	0 m
	7.3	kN/mq	z	1.0 m
$S1x$	3.4	kN/m	Spinta lungo x	
$b1z$	1.83	m	braccio spinta dir. x	
$S1z$	1.3	kN/m	Spinta lungo z	
$b1x$	2.2	m	braccio spinta dir. z	
Dati Input strato 2				
Φ	30	°	0.52	rad
β	90	°	1.57	rad
ϵ	0	°	0.00	rad
δ	20.0	°	0.35	rad
γ'	22.0	kN/m3		
h_{s2}	1.5	m		
$h1$	0.4	m		
$b1$	0.5	m		
$b2$	0.3	m		
$b3$	0.30	m		
b	1.4	m		
H	2.5	m		
Calcolo spinta terreno 2				
k_A	0.333			
$\sigma'h$	7.3	kN/mq	z	0 m
	18.3	kN/mq	z	1.5 m
$S2x,1$	10.3	kN/m	Spinta lungo x	
$S2x,2$	7.8	kN/m	Spinta lungo x	
$b2z,1$	0.75	m	braccio spinta dir. x	
$b2z,2$	0.50	m	braccio spinta dir. x	
$S2z,1$	3.8	kN/m	Spinta lungo z	
$S2z,2$	2.8	kN/m	Spinta lungo z	
$b2x,1$	2.2	m	braccio spinta dir. z	
$b2x,2$	2.2	m	braccio spinta dir. z	

Dati Input sovraccarico q				
Φ	30	°	0.52	rad
β	90	°	1.57	rad
ϵ	0	°	0.00	rad
δ	20.0	°	0.35	rad
q	17.0	kN/m2		
h_{sq}	2.5	m		
$h1$	0.4	m		
$b1$	0.5	m		
$b2$	0.3	m		
$b3$	0.30	m		
b	1.4	m		
H	2.5	m		
Calcolo spinta terreno q				
k_0	0.500			
$\sigma'h$	8.50	kN/mq	z	0 m
S_{qx}	20.0	kN/m	Spinta lungo x	
b_{qz}	1.25	m	braccio spinta dir. x	
S_{qz}	7.3	kN/m	Spinta lungo z	
b_{qx}	2.2	m	braccio spinta dir. z	
Spinta orizzontale parapetto q2				
S_H	2	kN/m		
braccio	2.5	m		

Spinta trapezoidale
divisa in spinta
rettangolare + spinta
triangolare

VERIFICA RIBALTAMENTO SLU			
$M_{rib.}$	68.27	kN*m/m	
$M_{stab.}$	143.21	kN*m/m	
F.S.	2.10	OK	
VERIFICA RIBALTAMENTO SLV			
$M_{rib.}$	54.60	kN*m/m	
$M_{stab.}$	151.25	kN*m/m	
F.S.	2.77	OK	

VERIFICA SCORRIMENTO SLU				
Φ	30	°	0.52	rad
μ	0.58			
V_{ed}	60.95	kN/m		
V_{Rd}	67.86	kN/m		
F.S.	1.11	OK		
VERIFICA SCORRIMENTO SLV				
Φ	30	°	0.52	rad
μ	0.58			
V_{ed}	53.68	kN/m		
V_{Rd}	62.48	kN/m		
F.S.	1.16	OK		

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

12. DIMENSIONAMENTO E CALCOLO PARAPETTO

Si riporta di seguito il calcolo del parapetto per le azioni sollecitanti secondo Vigente Normativa così come descritte al §7 della presente relazione. Inoltre vengono riportate le caratteristiche principali che il parapetto deve soddisfare in base alle Vigenti Normative (D.M.17/01/2018 e D.M.236/89).

- Caratteristiche geometriche e funzionali del parapetto:

Le caratteristiche di un parapetto sono definite dalla combinazione delle due Normative sopra citate.

1. NTC 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17/01/2018): La norma che definisce la sicurezza strutturale.
2. D.M. 236/89 (Regolamento Barriere Architettoniche): La norma che definisce l'accessibilità.

Combinando le prescrizioni più restrittive di entrambe, un parapetto deve avere le seguenti caratteristiche:

- **Altezza minima:** L'altezza del parapetto, misurata dal piano di calpestio al bordo superiore, non deve essere inferiore a 1,10 metri (110 cm). *Nota: Il D.M. 236/89 indicherebbe 1,00 metro, ma le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018), essendo focalizzate sulla sicurezza statica (in particolare per opere come ponti e passerelle), richiedono un'altezza maggiore, che risulta dimensionante.*
- **Resistenza alla spinta:** Il parapetto non è solo un elemento divisorio, ma un elemento strutturale. Deve essere progettato e verificato per resistere a una specifica spinta orizzontale applicata sul bordo superiore, come definito dalle NTC 2018 (il valore esatto, 1,5 kN/m / 2 kN/m, dipende dalla categoria specifica dell'opera).
- **Inattraversabilità (Regola dei 10 cm):** Il parapetto deve essere conformato in modo tale da non poter essere attraversato da una sfera di 10 cm di diametro. Questo requisito del D.M. 236/89 è fondamentale per impedire la caduta accidentale di oggetti e, soprattutto, per la sicurezza dei bambini.
- **Non scalabilità:** Sebbene non esplicitato nel D.M. 236/89, il parapetto non deve presentare elementi orizzontali (traversi) facilmente utilizzabili come appigli per arrampicarsi, specialmente nella parte bassa. Per questo motivo, sono spesso preferite soluzioni a elementi verticali o in vetro di sicurezza.
- **Fascia inferiore (Zoccolo):** È buona norma che il parapetto includa una fascia inferiore piena (zoccolo o "tavola fermapiEDE") alta almeno 10 cm dal piano di calpestio. Questo serve a impedire lo scivolamento di oggetti, bastoni, o delle ruote piccole di una sedia a rotelle verso il vuoto.
- **Presenza:** Deve essere dotato di un corrimano.
- **Doppio corrimano:** Se la passerella è destinata a un'utenza pubblica variegata (es. scuole, parchi), è opportuno prevedere un secondo corrimano a un'altezza inferiore, solitamente a 75 cm, per l'uso da parte di bambini o persone di bassa statura.
- **Impugnabilità:** Il corrimano deve essere facilmente impugnabile e distante almeno 4 cm da eventuali superfici piene (come un parapetto in muratura o vetro) per permettere una presa sicura.

- Dimensionamento parapetto:

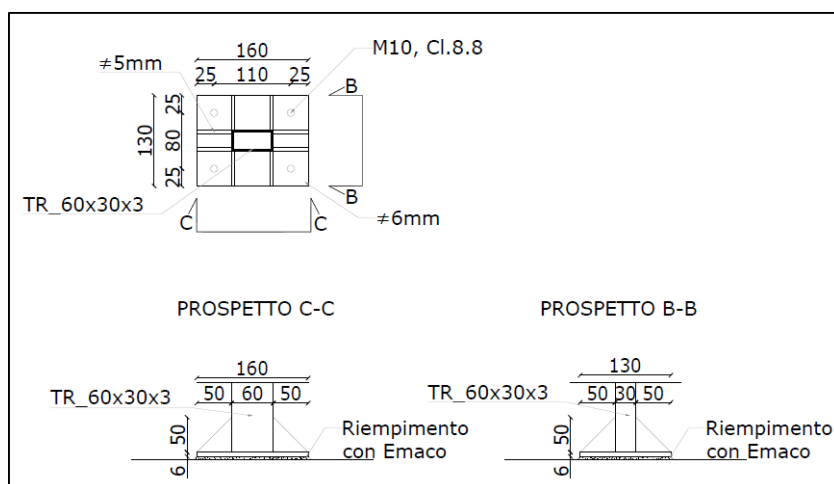
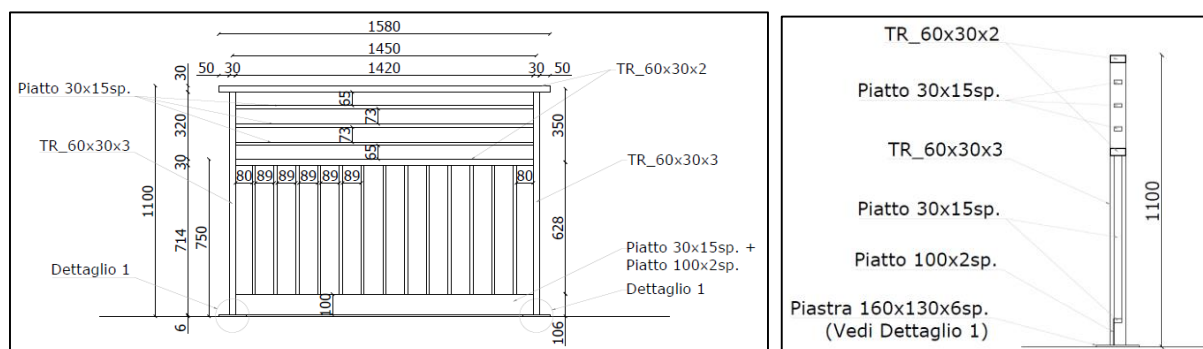
Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche e meccaniche, le azioni sollecitanti e le azioni interne che si sviluppano sui profili strutturali di montanti e corrimano, secondo le descrizioni riportate al §7.4 e §7.6. Il coefficiente c_f calcolato secondo le prescrizioni del §G.10.3 del doc. 8], ha valore pari a 1.6.

I calcoli sono stati effettuati per mezzo del programma 1Camp (vedi descrizione §8.3).

Il parapetto è formato da profili tubolari (profili strutturali portanti) e piatti, tutti saldati tra loro in stabilimento per mezzo di saldature a piena penetrazione, e posti in opera tassellati al muro di sostegno in c.a. (si vedano tavole strutturali per maggiori dettagli).

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

	TR_60x40x3 (Montante)	TR_60x30x2 (Corrimano)
Peso Unitario [kg/m]	4.43	2.7
Area [mm ²]	564	344
Momento inerzia elastico asse forte [mm ⁴]	273900	159500
Momento inerzia elastico asse debole [mm ⁴]	143100	53000
Modulo di resistenza elastico asse forte [mm ³]	9130	5320
Modulo di resistenza elastico asse debole [mm ³]	7160	3530
Raggio di inerzia asse forte [mm]	22	21.5
Raggio di inerzia asse debole [mm]	15.9	12.4
Superficie [m ² /m]	0.2	0.17



Combinazioni di carico (è stata considerata quella che fornisce le peggiori azioni interne):

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Dove:

G1 = peso proprio

Q = azione variabile parapetto

W = azione vento

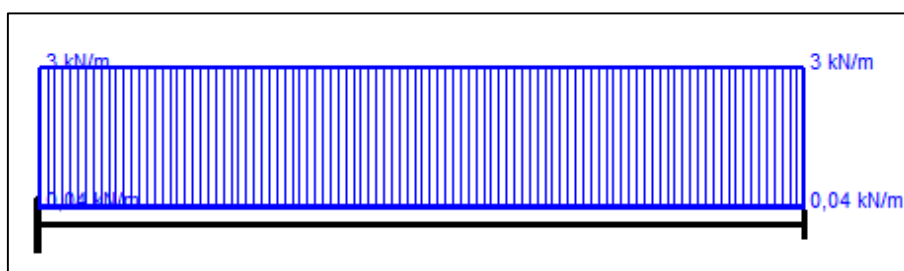


Figura 12-4 – SLU – Azioni su corrimano

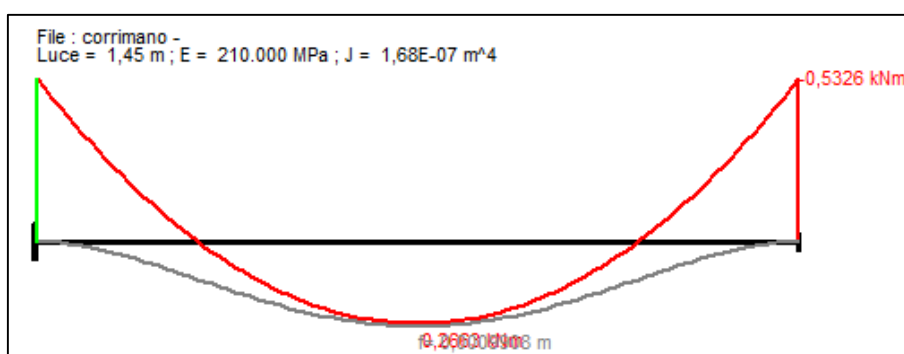


Figura 12-5 – SLU – Azione flettente corrimano ($M_{max} = 0.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$)

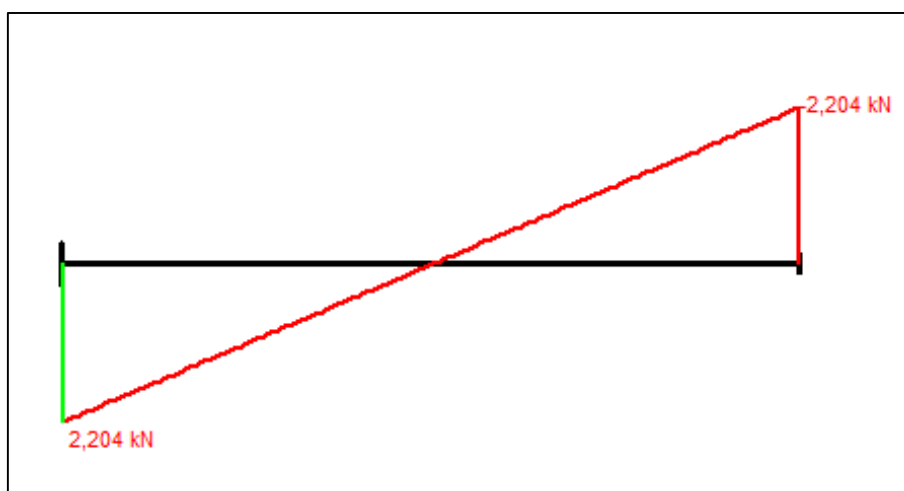


Figura 12-6 – SLU – Azione tagliante corrimano ($V_{max} = 2.204 \text{ kN}$)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

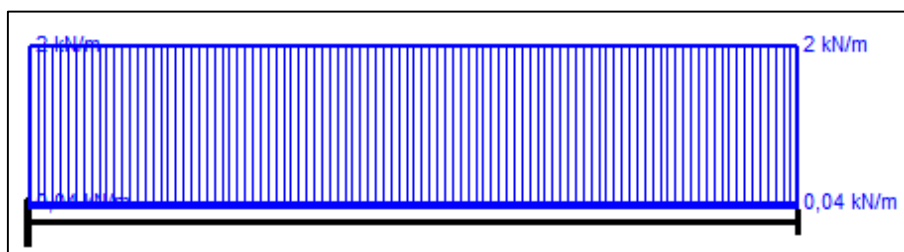


Figura 12-7 – SLE – Azioni su corrimano

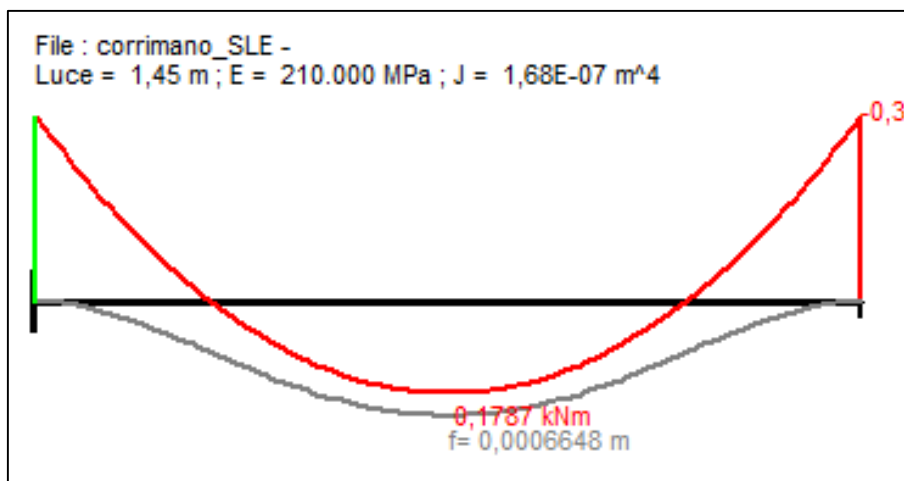


Figura 12-8 – SLE – freccia massima corrimano ($f_{max}=0.7mm$)

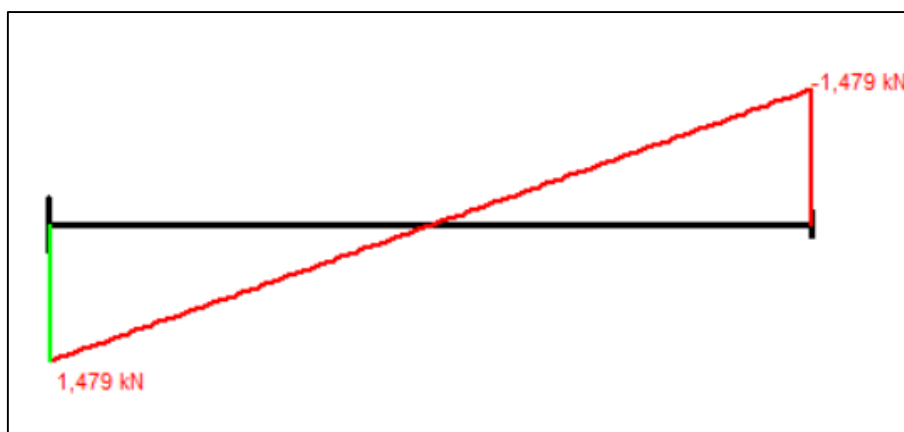


Figura 12-9 – SLE – Azione tagliante su corrimano

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

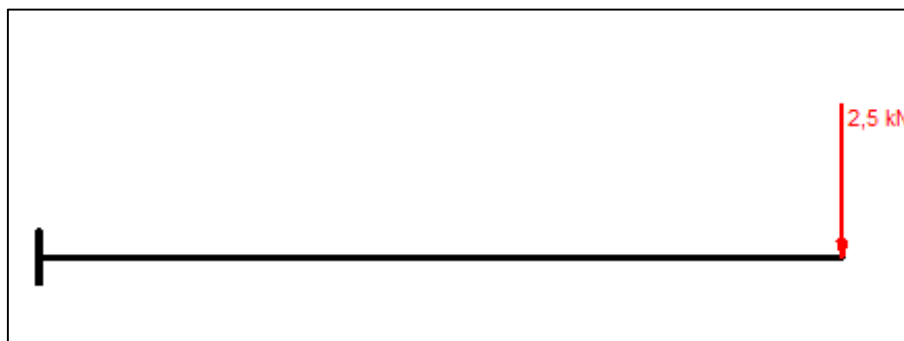


Figura 12-10 – SLU – Azioni su montante

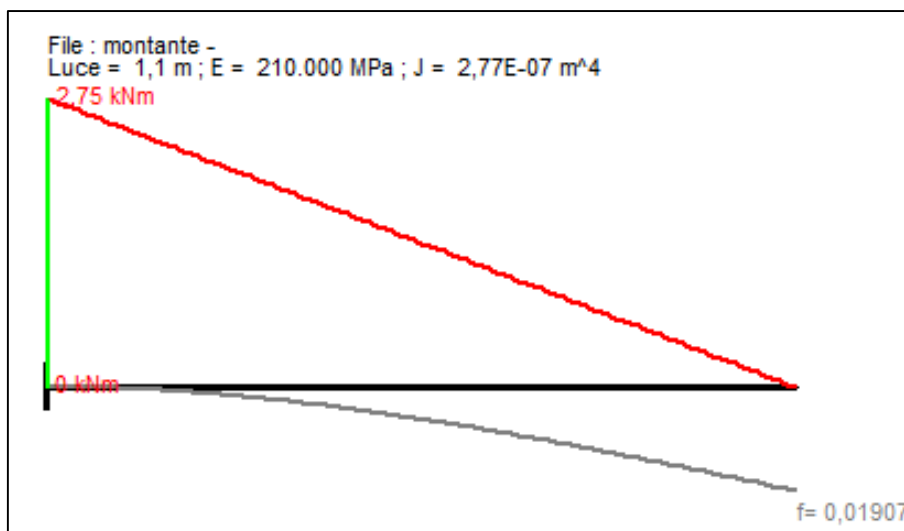


Figura 12-11 – SLU – Azione flettente montante ($M_{max} = 2.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$; $f_{max} = 0.0191 \text{ m}$)

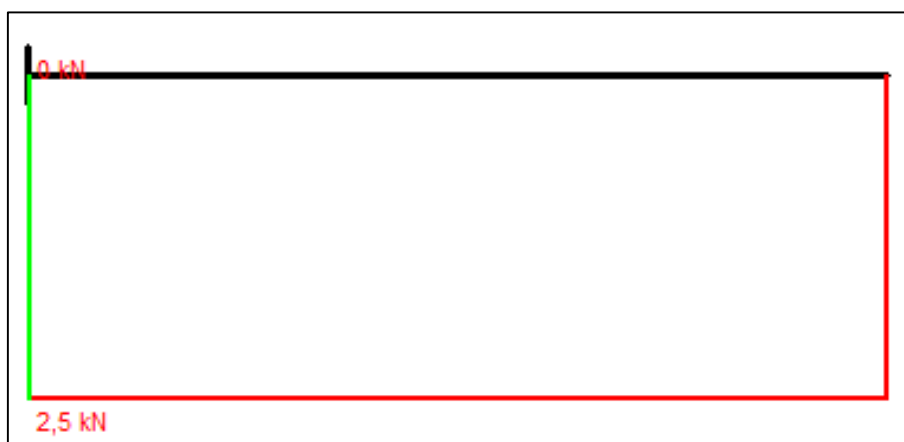


Figura 12-12 – SLU – Azione tagliante montante ($V_{max} = 2.204 \text{ kN}$)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

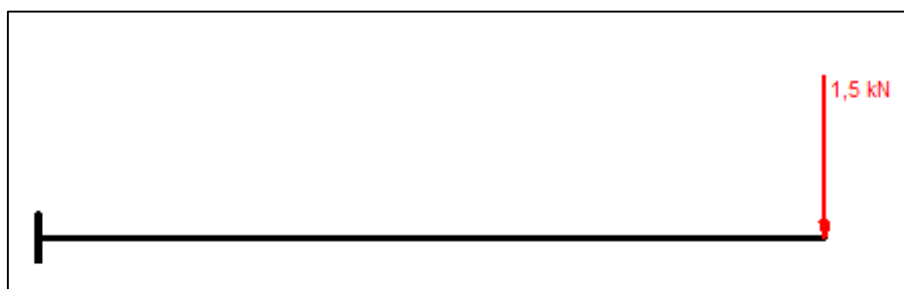


Figura 12-13 – SLE – Azioni su montante

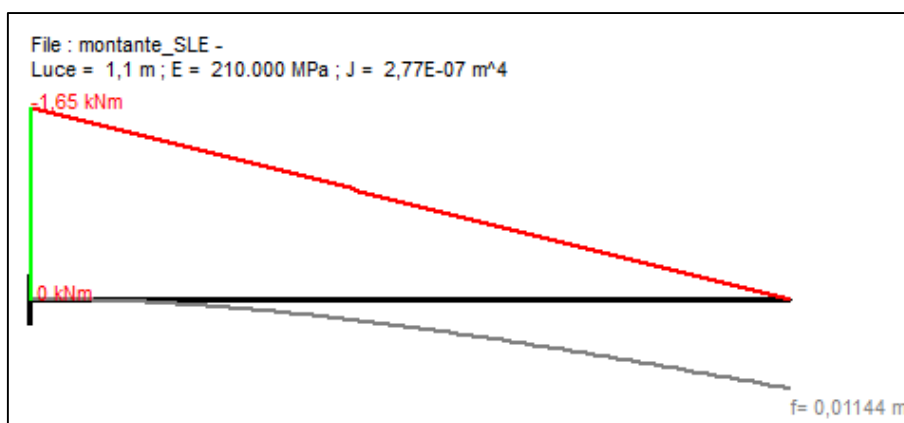


Figura 12-14 – SLE – Freccia massima montante ($f_{max}=11.44\text{mm}$)

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

13. VERIFICHE STRUTTURALI PARAPETTO

Nel presente paragrafo sono riportate le verifiche strutturali complete per il parapetto secondo le azioni (§7), e le sollecitazioni di cui al capitolo precedente.

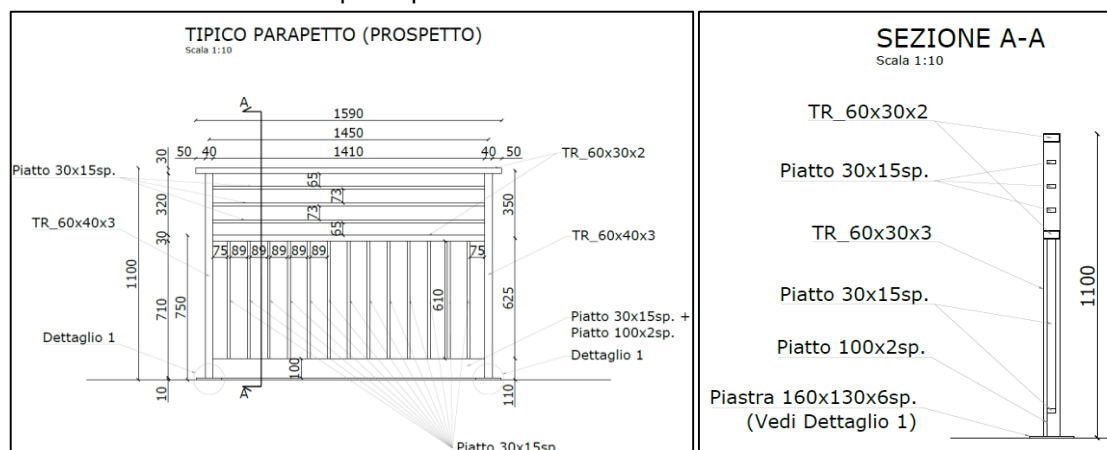


Figura 13-1 – Sezione tipica parapetto (si rimanda alle tavole di progetto per maggiori dettagli)

Il parapetto è previsto fornito elementi pre-assemblati e pronti al montaggio, al fine di evitare saldature in opera, con le conseguenti operazioni e verifiche da dover effettuare a valle (controlli sulle saldature, zincatura + verniciatura successiva, etc...).

Acciaio utilizzato per le strutture portanti del parapetto (montanti e corrimano): S355-J0: $f_{yk}=355$ MPa $\rightarrow$ $f_{yd}=338.09$ MPa (per gli elementi secondari non strutturali si rimanda al capitolato speciale d'Appalto).

Le verifiche effettuate faranno riferimento alle caratteristiche dei profili strutturali, riportate in Figura 12-1. Per profili di spessore inferiore a 2mm le verifiche plastiche non sono ammesse; invece per quanto riguarda il montante di spessore 3mm, effettuare le verifiche elastiche risulta a favore di sicurezza.

Si riportano di seguito estratti Normativi delle verifiche effettuate:

4.2.4.1.2.3 Flessione monoassiale (retta)
 Il momento flettente di progetto M_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.11]$$

dove la resistenza di progetto a flessione retta della sezione $M_{c,Rd}$ si valuta tenendo conto della presenza di eventuali fori in zona tesa per collegamenti bullonati o chiodati.

La resistenza di progetto a flessione retta della sezione $M_{c,Rd}$ vale:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \text{ per le sezioni di classe 1 e 2; } [4.2.12]$$

in cui W_{pl} rappresenta il modulo di resistenza plastico della sezione

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \text{ per le sezioni di classe 3; } [4.2.13]$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \text{ per le sezioni di classe 4; } [4.2.14]$$

per le sezioni di classe 3, $W_{el,min}$ è il modulo resistente elastico minimo della sezione in acciaio; per le sezioni di classe 4, invece, il modulo $W_{eff,min}$ è calcolato eliminando le parti della sezione inattive a causa dei fenomeni di instabilità locali, secondo il procedimento esposto in UNI EN1993-1-5, e scegliendo il minore tra i moduli così ottenuti.

Per la flessione biassiale si veda oltre.

Figura 13-2 – Verifica a flessione secondo D.M.17/01/2018 $\rightarrow$ Flessione calcolata con moduli di resistenza elastici

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

4.2.4.1.2.4 Taglio Il valore di progetto dell'azione tagliante V_{Ed} deve rispettare la condizione $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.16]$ dove la resistenza di progetto a taglio $V_{c,Rd}$ in assenza di torsione, vale $V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \quad [4.2.17]$ dove A_v è l'area resistente a taglio. Per profilati ad I e ad H caricati nel piano dell'anima si può assumere $A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f \quad [4.2.18]$ per profilati a C o ad U caricati nel piano dell'anima si può assumere $A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f \quad [4.2.19]$ per profilati ad I e ad H caricati nel piano delle ali si può assumere $A_v = A - \sum (h_w \cdot t_w) \quad [4.2.20]$ per profilati a T caricati nel piano dell'anima si può assumere $A_v = 0,9 (A - b t_f) \quad [4.2.21]$ per profili rettangolari cavi "profilati a caldo" di spessore uniforme si può assumere $A_v = Ah/(b + h) \text{ quando il carico è parallelo all'altezza del profilo,}$ $A_v = Ab/(b + h) \text{ quando il carico è parallelo alla base del profilo;}$ per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme: $A_v = 2A/\pi \quad [4.2.23]$

Figura 13-3 – Verifica a taglio secondo D.M.17/01/2018

Verifiche a flessione-taglio, presso-tenso flessione, presso-tenso flessione biassiale non effettuate. Per la prima perché l'azione sollecitante di taglio è inferiore a 0.5 volte l'azione di taglio resistente. Per le altre due perché non presenti azioni di compressione/trazione insieme all'azione flettente o azioni flettenti combinate.

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

4.2.4.1.3.2 Travi inflesse Le travi inflesse con la piattabanda compressa non sufficientemente vincolata lateralmente, devono essere verificate nei riguardi dell'instabilità flessio-torsionale secondo la formula $\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad [4.2.48]$ dove: M_{Ed} è il massimo momento flettente di progetto $M_{b,Rd}$ è il momento resistente di progetto per l'instabilità. Nel caso di profilo inflesso secondo l'asse forte (asse y) il momento resistente di progetto per i fenomeni di instabilità di una trave lateralmente non vincolata può essere assunto pari a $M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad [4.2.49]$ dove W_y è il modulo resistente della sezione, pari al modulo plastico $W_{pl,y}$ per le sezioni di classe 1 e 2, al modulo elastico $W_{el,y}$ per le sezioni di classe 3 e che può essere assunto pari al modulo efficace $W_{eff,y}$ per le sezioni di classe 4. Il fattore χ_{LT} è il fattore di riduzione per l'instabilità flessotorsionale, dipendente dal tipo di profilo impiegato e può essere determinato dalla formula $\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq K \chi \quad [4.2.50]$ dove $\phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$

Figura 13-4 – Verifica di stabilità per travi inflesse secondo D.M.17/01/2018

Azione tagliante resistente:

- Corrimano: $A_v=229.3 \text{ mm}^2 \rightarrow V_{Rd}=44.76\text{kN} \gg V_{Ed}=2.204\text{kN}$
- Montante: $A_v=338.4 \text{ mm}^2 \rightarrow V_{Rd}=66.06\text{kN} \gg V_{Ed}=2.5\text{kN}$

Azione flettente resistente:

- Corrimano: $W_{el}=5320 \text{ mm}^3 \rightarrow M_{Rd}=1.79\text{kN}\cdot\text{m} > M_{Ed}=0.55\text{kN}\cdot\text{m}$
- Montante: $W_{el}=9130 \text{ mm}^3 \rightarrow M_{Rd}=3.09\text{kN}\cdot\text{m} > M_{Ed}=2.75\text{kN}\cdot\text{m}$

Stabilità membrature inflesse:

Calcolo effettuato secondo prescrizioni Normative §C4.2.4.1.3.2 Circolare esplicativa 2019 + §4.2.4.1.3.2 D.M.17/01/2018.

$I_t = I_x + I_y = 417000 \text{ mm}^4$ (momento di inerzia polare); $I_t = I_w$; $G = E / (2 \cdot (1 + \nu)) \rightarrow M_{cr} = 110 \text{ kN}\cdot\text{m}$; $\lambda_{LT} = 0.168$; $\lambda_{LT,0} = 0.2$; $\beta = 1$; $K_X = 1$; $\alpha_{LT} = 0.49$; $\phi_{LT} = 0.506$; $k_c = 0.75$; $f = 0.775 \rightarrow X_{LT} = 1.31 > 1 \rightarrow X_{LT} = 1.00$

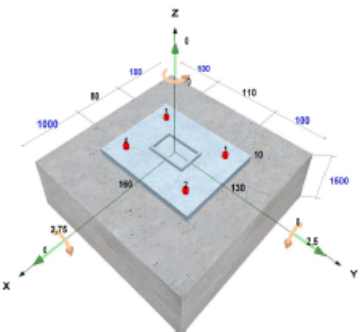
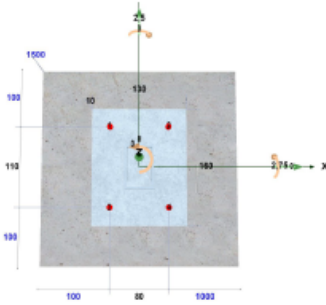
La verifica risulta la medesima della flessione monoassiale, in quanto il fattore X_{LT} di riduzione della resistenza è pari all'unità, e quando assume tale valore le due verifiche risultano la medesima.

Deformabilità:

- Corrimano: $f_{lim}=L/250=5.8\text{mm} \rightarrow f_{max}=0.7\text{mm} < f_{lim}$
- Montante: $f_{lim}=2L/150=14.67\text{mm} \rightarrow f_{max}=11.44\text{mm} < f_{lim}$

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

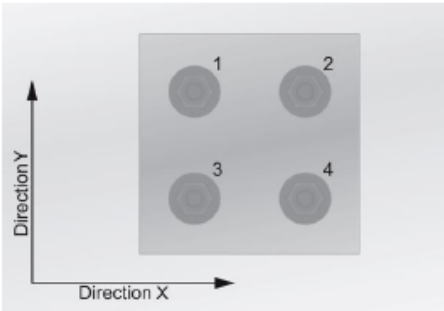
13.1 Verifica tasselli di ancoraggio

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel: +39 035 3546 011 - info@bossong.com - www.bossong.com		Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata																																									
Materiale base Non fessurato Calcestruzzo Spessore materiale base 1.500 mm Classe resistenza C30/37 $f_{ct,cube}$ 37 N/mm ² Temp. breve termine 40 °C Temp. lungo termine 24 °C		Installazione Nessun braccio di leva Oggetto da fissare Ipotesi di piastra rigida Spessore della piastra 10 mm Forma piastra Rettangolare Lunghezza lato 130 x 160 mm																																									
Vertici piastra <table border="1"> <thead> <tr> <th>Vertice</th> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-65,0</td> <td>-80,0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-65,0</td> <td>80,0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>65,0</td> <td>80,0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>65,0</td> <td>-80,0</td> </tr> </tbody> </table>		Vertice	X	Y	1	-65,0	-80,0	2	-65,0	80,0	3	65,0	80,0	4	65,0	-80,0	Posizione ancoranti <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ancorante</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Asole -x</th> <th>Asole -y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-40,0</td> <td>55,0</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>40,0</td> <td>55,0</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>-40,0</td> <td>-55,0</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>40,0</td> <td>-55,0</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table> ☒ = Asole		Ancorante	X	Y	Asole -x	Asole -y	1	-40,0	55,0	☐	☐	2	40,0	55,0	☐	☐	3	-40,0	-55,0	☐	☐	4	40,0	-55,0	☐	☐
Vertice	X	Y																																									
1	-65,0	-80,0																																									
2	-65,0	80,0																																									
3	65,0	80,0																																									
4	65,0	-80,0																																									
Ancorante	X	Y	Asole -x	Asole -y																																							
1	-40,0	55,0	☐	☐																																							
2	40,0	55,0	☐	☐																																							
3	-40,0	-55,0	☐	☐																																							
4	40,0	-55,0	☐	☐																																							
Profilo Profilo selezionato RETTANGOLARE CAVO 40x60x3 Eccentricità X: 0,0 mm Y: 0,0 mm Rotazione profilo 0,0°																																											
																																											
Prodotto selezionato Ancorante (nome) BCR V PLUS/W/T + 8.8 - Chimico Certificazione ETA-09/0140 Dimensione BCR V PLUS/W/T - M12/8.8 Codice articolo - - MATERIALE: - Resina vinilestere bicomponente senza stirene																																											
01/12/2025		ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214																																									
		Page: 1 / 12																																									

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3546 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata																																																								
- Barre filettate classe 8.8 - TIPOLOGIA ANCORANTE: - Ancorante chimico disponibile nei formati: 825 ml, 400 ml, 345 ml, 300 ml, 165 ml Dati installazione <table border="0"> <tr> <td>d</td><td>Diametro filettatura ancorante:</td><td>12,0</td><td>mm</td><td>t_{fix}</td><td>Spessore fissabile:</td><td>10,0</td><td>mm</td></tr> <tr> <td>d_{nom}</td><td>Diametro esterno ancorante:</td><td>12,0</td><td>mm</td><td>SW</td><td>Chiave:</td><td>19,0</td><td>mm</td></tr> <tr> <td>d_o</td><td>Diametro del foro:</td><td>14,0</td><td>mm</td><td>T_{inst}</td><td>Coppia di serraggio massima</td><td>40,0</td><td>Nm</td></tr> <tr> <td>h₁</td><td>Profondità del foro:</td><td>115,0</td><td>mm</td><td></td><td>Categoria di utilizzo, calcestruzzo</td><td>Foro asciutto/bagnato</td><td></td></tr> <tr> <td>h_{nom}</td><td>Profondità di inserimento:</td><td>110,0</td><td>mm</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>h_{ef}</td><td>Profondità effettiva di ancoraggio:</td><td>110,0</td><td>mm</td><td></td><td>Minima lunghezza barra</td><td>136,5</td><td>mm</td></tr> <tr> <td>d_f</td><td>Diametro foro oggetto da fissare:</td><td>14,0</td><td>mm</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> PRODOTTO: Resina vinilestere senza stirene bi-componente per carichi pesanti per fissaggi in calcestruzzo, muratura piena, laterizi forati e legno. Grazie alla mancanza di stirene (assenza di odore pungente) l'utilizzo è possibile anche in ambienti chiusi. Questa resina può essere utilizzata anche in condizioni di calcestruzzo umido e foro allagato. CONDIZIONI DI CALCOLO: Questo calcolo è basato esclusivamente su valori specifici per il prodotto. Qualsiasi modifica apportata - cambiamento del prodotto o cambiamenti delle condizioni al contorno - richiederà un nuovo calcolo. Piastra di ancoraggio: Il programma di calcolo assume, secondo EOTA TR029, che la piastra di ancoraggio non si deformi sotto le azioni applicate. Così, in conformità con l'EOTA TR029, la piastra di ancoraggio dovrà essere sufficientemente rigida e il suo progetto dovrebbe essere effettuato secondo le norme per strutture in acciaio che garantiscono un comportamento elastico. 01/12/2025 ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214 Page: 2 / 12		d	Diametro filettatura ancorante:	12,0	mm	t _{fix}	Spessore fissabile:	10,0	mm	d _{nom}	Diametro esterno ancorante:	12,0	mm	SW	Chiave:	19,0	mm	d _o	Diametro del foro:	14,0	mm	T _{inst}	Coppia di serraggio massima	40,0	Nm	h ₁	Profondità del foro:	115,0	mm		Categoria di utilizzo, calcestruzzo	Foro asciutto/bagnato		h _{nom}	Profondità di inserimento:	110,0	mm					h _{ef}	Profondità effettiva di ancoraggio:	110,0	mm		Minima lunghezza barra	136,5	mm	d _f	Diametro foro oggetto da fissare:	14,0	mm				
d	Diametro filettatura ancorante:	12,0	mm	t _{fix}	Spessore fissabile:	10,0	mm																																																		
d _{nom}	Diametro esterno ancorante:	12,0	mm	SW	Chiave:	19,0	mm																																																		
d _o	Diametro del foro:	14,0	mm	T _{inst}	Coppia di serraggio massima	40,0	Nm																																																		
h ₁	Profondità del foro:	115,0	mm		Categoria di utilizzo, calcestruzzo	Foro asciutto/bagnato																																																			
h _{nom}	Profondità di inserimento:	110,0	mm																																																						
h _{ef}	Profondità effettiva di ancoraggio:	110,0	mm		Minima lunghezza barra	136,5	mm																																																		
d _f	Diametro foro oggetto da fissare:	14,0	mm																																																						

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.Z.) - 24090 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata Condizioni aggiuntive: Per quanto riguarda la progettazione degli ancoraggi si deve essere a conoscenza delle verifiche supplementari per garantire la resistenza caratteristica dell'elemento di calcestruzzo (componente strutturale) EOTA TR029, capitolo 7. Tutte le condizioni del Benestare Tecnico Europeo (ETA) e le pubblicazioni tecniche Bossong devono essere rispettate in tutti i dettagli.  Dati di Input <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> Trazione $N_{sd,z}$ 0,00 kN Taglio $V_{sd,x}$ 0,00 kN $V_{sd,y}$ 2,50 kN Bordi C_{xp} 1.000,00 mm C_{xn} 100,00 mm C_{yp} 100,00 mm C_{yn} 100,00 mm </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> Flessione $M_{sd,x}$ -2,75 kN-m $M_{sd,y}$ 0,00 kN-m Torsione $M_{sd,z}$ 0,00 kN-m </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> Armatura Diametro 11 mm Distanza ferri 200 mm Distanza staffe 200 mm Armatura del bordo No </td> </tr> </table>	Trazione $N_{sd,z}$ 0,00 kN Taglio $V_{sd,x}$ 0,00 kN $V_{sd,y}$ 2,50 kN Bordi C_{xp} 1.000,00 mm C_{xn} 100,00 mm C_{yp} 100,00 mm C_{yn} 100,00 mm	Flessione $M_{sd,x}$ -2,75 kN-m $M_{sd,y}$ 0,00 kN-m Torsione $M_{sd,z}$ 0,00 kN-m	Armatura Diametro 11 mm Distanza ferri 200 mm Distanza staffe 200 mm Armatura del bordo No
Trazione $N_{sd,z}$ 0,00 kN Taglio $V_{sd,x}$ 0,00 kN $V_{sd,y}$ 2,50 kN Bordi C_{xp} 1.000,00 mm C_{xn} 100,00 mm C_{yp} 100,00 mm C_{yn} 100,00 mm	Flessione $M_{sd,x}$ -2,75 kN-m $M_{sd,y}$ 0,00 kN-m Torsione $M_{sd,z}$ 0,00 kN-m	Armatura Diametro 11 mm Distanza ferri 200 mm Distanza staffe 200 mm Armatura del bordo No		
01/12/2025	ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214	Page: 3 / 12		

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 | PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE

BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (2.1.2) - 34050 GRASSANO (BG) Italy
Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com

Progetto
Codice di riferimento
Ufficio progettazione
Persona incaricata
Ufficio costruzioni
Persona incaricata

Carichi di progetto calcolati sugli ancoranti

Ancorante	Trazione [kN]	Taglio [kN]	Taglio (x) [kN]	Taglio (y) [kN]
1	0,00	0,62	0,00	0,62
2	0,00	0,62	0,00	0,62
3	11,39	0,62	0,00	0,62
4	11,39	0,62	0,00	0,62

Risultante forze di trazione in (x/y): 22,78 [kN]
 Risultante forze di compressione in 22,78 [kN]
 Risultante forze di taglio in (x/y): 2,50 [kN]

Calcolo dell'utilizzo in accordo a: TECHNICAL REPORT TR029
(β- è il rapporto tra la sollecitazione di progetto e la resistenza di progetto)

Calcolo di utilizzo - Trazione

Trazione - Rottura Acciaio

$N_{Rk,z}$ [kN]	$\gamma_{M,z}$ [-]	$N_{Ed,z}$ [kN]	Ancorante	N_{td} [kN]	$\beta_{t,z}$ [%]
67,00	1,50	44,67	1	0,00	0,0%
			2	0,00	0,0%
			3	11,39	25,5%
			4	11,39	25,5%

Trazione - Rottura combinata

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^o \cdot \psi_{A,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi_{re,Np}$$

Profondità di inserimento: l_b Profondità effettiva di ancoraggio: h_{ef}

τ_{Rk} [N/mm²]	$\tau_{Rk,ser}$ [N/mm²]	ψ_c [-]	d [mm]	h_{ef} [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	k [-]	$f_{ck,cube}$ [N/mm²]	$\gamma_{int,p}$ [-]
12,0	12,0	1,120	12,0	110	304	152	2,0	37	1,5

Gli ancoranti sono divisi in 1 gruppo

01/12/2025

ANCHOR FIXINGS
v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214

Page: 4 / 12

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 | PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE


BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.) - 24050 GRASSANO (BG) Italy
Tel +39 035 3946 011 - info@bossong.com - www.bossong.com

Progetto
Codice di riferimento
Ufficio progettazione
Persona incaricata
Ufficio costruzioni
Persona incaricata

Gruppo No.	Ancorant e	N° _{Rk,sp} [kN]	A _{c,N} [mm²]	A° _{c,N} [mm²]	ψ _{z,Np} [-]	h _{ef} [mm]	s _{cr,Np} [mm]	C _{cr,Np} [mm]	C _{ct} [mm]	C _{tx} [mm]	C _{ty} [mm]	C _{ty} [mm]
1	[3, 4]	55,73	83.541	92.160	0,898	110	304	152	100	1.000	100	210

Gruppo No.	Ancorant e	s _m [mm]	ψ _{p,Np} [-]	ψ _{re,Np} [-]	e _{Np,x} [mm]	e _{Np,y} [mm]	ψ _{ec,Np} [-]	N _{Rk,sp} [kN]	N _{sd,sp} [kN]	N _{sd} [kN]	β _{Np} [%]
1	[3, 4]	80,0	1,082	1,000	0,0	0,0	1,000	49,08	32,72	22,78	69,6%

Trazione - Rottura per formazione del cono

$$N_{Rk,c} = N^o_{Rk,c} \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{z,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N}$$

h _{ef} [mm]	s _{cr,N} [mm]	C _{cr,N} [mm]	f _{ck,cube} [N/mm²]	γ _{Mc} [-]
110	330	165	37	1,5

Gli ancoranti sono divisi in 1 gruppo

Verifica effettuata con tre o più bordi con la $c_{max} < c_{cr}$

Gruppo No.	Ancorant e	N° _{Rk,c} [kN]	A _{c,N} [mm²]	A° _{c,N} [mm²]	h _{ef} [mm]	s _{cr,N} [mm]	C _{cr,N} [mm]	C _{ct} [mm]	C _{tx} [mm]	C _{ty} [mm]	C _{ty} [mm]
1	[3, 4]	70,88	91.425	108.900	110	330	165	100	1.000	100	210

Gruppo No.	Ancorante	ψ _{z,N} [-]	ψ _{re,N} [-]	e _{N,x} [mm]	e _{N,y} [mm]	ψ _{ec,N} [-]	N _{Rk,c} [kN]	N _{sd,c} [kN]	N _{sd} [kN]	β _{N,c} [%]
1	[3, 4]	0,882	1,000	0,0	0,0	1,000	52,47	34,98	22,78	65,1%

Trazione - Rottura per Fessurazione del Calcestruzzo

$$N_{Rk,sp} = N^o_{Rk,c} \cdot \psi_{A,sp} \cdot \psi_{z,sp} \cdot \psi_{re,sp} \cdot \psi_{ec,sp} \cdot \psi_{h,sp}$$

Spessore materiale base = 1500.0 mm Minimo spessore richiesto = 140.0 mm

h _{ef} [mm]	f _{ck,cube} [N/mm²]	ψ _c [-]	h _{min} [mm]	s _{cr,sp} [mm]	C _{cr,sp} [mm]	γ _{M,sp} [-]
110	37	1,120	140	330	165	1,5

Gli ancoranti sono divisi in 1 gruppo

Gruppo No.	Ancorante	N° _{Rk,sp} [kN]	h _{ef} [mm]	A _{c,sp} [mm²]	A° _{c,sp} [mm²]	s _{cr,sp} [mm]	C _{cr,sp} [mm]	C _{ct} [mm]	C _{tx} [mm]	C _{ty} [mm]	C _{ty} [mm]
1	[3, 4]	70,88	110	91.425	108.900	330	165	100	1.000	100	210

01/12/2025

ANCHOR FIXINGS

13.5.2025 - 13.5.2025 - 13.5.2025

Page: 5 / 12

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (2.1.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3546 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.9em;"> <thead> <tr> <th>Gruppo No.</th> <th>Ancorant e</th> <th>$\Psi_{z,sp}$ [-]</th> <th>$\Psi_{re,sp}$ [mm]</th> <th>e_{Nx} [mm]</th> <th>e_{Ny} [mm]</th> <th>$\Psi_{ec,sp}$ [-]</th> <th>$\Psi_{h,sp}$ [-]</th> <th>$N_{Rk,sp}$ [kN]</th> <th>$N_{Rd,sp}$ [kN]</th> <th>N_{Sd} [kN]</th> <th>$\beta_{N,sp}$ [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">[3, 4]</td> <td style="text-align: center;">0,882</td> <td style="text-align: center;">1,000</td> <td style="text-align: center;">0,0</td> <td style="text-align: center;">0,0</td> <td style="text-align: center;">1,000</td> <td style="text-align: center;">1,352</td> <td style="text-align: center;">70,92</td> <td style="text-align: center;">47,282</td> <td style="text-align: center;">22,78</td> <td style="text-align: center;">48,2%</td> </tr> </tbody> </table>		Gruppo No.	Ancorant e	$\Psi_{z,sp}$ [-]	$\Psi_{re,sp}$ [mm]	e_{Nx} [mm]	e_{Ny} [mm]	$\Psi_{ec,sp}$ [-]	$\Psi_{h,sp}$ [-]	$N_{Rk,sp}$ [kN]	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	$\beta_{N,sp}$ [%]	1	[3, 4]	0,882	1,000	0,0	0,0	1,000	1,352	70,92	47,282	22,78	48,2%
Gruppo No.	Ancorant e	$\Psi_{z,sp}$ [-]	$\Psi_{re,sp}$ [mm]	e_{Nx} [mm]	e_{Ny} [mm]	$\Psi_{ec,sp}$ [-]	$\Psi_{h,sp}$ [-]	$N_{Rk,sp}$ [kN]	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	$\beta_{N,sp}$ [%]														
1	[3, 4]	0,882	1,000	0,0	0,0	1,000	1,352	70,92	47,282	22,78	48,2%														
Calcolo utilizzo - Taglio Taglio - Rottura acciaio senza braccio di leva																									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">$V_{Rk,z}$ [kN]</td> <td style="text-align: center;">V_{Mz} [-]</td> <td style="text-align: center;">$V_{Rd,z}$ [kN]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">34,00</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">27,20</td> </tr> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">V_{sd} [kN]</td> <td style="text-align: center;">0,62</td> <td style="text-align: center;">0,62</td> <td style="text-align: center;">0,62</td> <td style="text-align: center;">0,62</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$\beta_{V,z}$ [%]</td> <td style="text-align: center;">2,3%</td> <td style="text-align: center;">2,3%</td> <td style="text-align: center;">2,3%</td> <td style="text-align: center;">2,3%</td> </tr> </table>		$V_{Rk,z}$ [kN]	V_{Mz} [-]	$V_{Rd,z}$ [kN]	34,00	1,25	27,20		1	2	3	4	V_{sd} [kN]	0,62	0,62	0,62	0,62	$\beta_{V,z}$ [%]	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%			
$V_{Rk,z}$ [kN]	V_{Mz} [-]	$V_{Rd,z}$ [kN]																							
34,00	1,25	27,20																							
	1	2	3	4																					
V_{sd} [kN]	0,62	0,62	0,62	0,62																					
$\beta_{V,z}$ [%]	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%																					
Taglio - Rottura acciaio con braccio di leva Braccio di leva non applicato																									
01/12/2025 ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214 Page: 6 / 12																									

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata																																																																																														
Taglio - Rottura per scalzamento(NRk,c) $N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,V,cp}$ $V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <th>h_{ef} [mm]</th> <th>$s_{cr,N}$ [mm]</th> <th>$c_{cr,N}$ [mm]</th> <th>$f_{ct,cube}$ [N/mm²]</th> <th>k [-]</th> <th>γ_{Mc} [-]</th> </tr> <tr> <td>110</td> <td>330</td> <td>165</td> <td>37</td> <td>2,0</td> <td>1,5</td> </tr> </table> Gli ancoranti sono divisi in 1 gruppo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <tr> <th>Gruppo No.</th> <th>Ancorante</th> <th>$N^0_{Rk,c}$ [kN]</th> <th>$A_{s,N}$ [mm²]</th> <th>$A^0_{s,N}$ [mm²]</th> <th>$\psi_{s,N}$ [-]</th> <th>$\psi_{re,N}$ [-]</th> <th>C_{te} [mm]</th> <th>C_{tx} [mm]</th> <th>C_{ty} [mm]</th> <th>C_{ty} [mm]</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>[1, 2, 3, 4]</td> <td>33,44</td> <td>86.800</td> <td>40.000</td> <td>1,000</td> <td>1,000</td> <td>100</td> <td>1.000</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <tr> <th>Gruppo No.</th> <th>Ancorante</th> <th>$e_{N,x}$ [mm]</th> <th>$e_{N,y}$ [mm]</th> <th>$\psi_{ec,N}$ [-]</th> <th>$N_{Rk,c}$ [kN]</th> <th>$V_{Rk,cp}$ [kN]</th> <th>$V_{rd,cp}$ [kN]</th> <th>V_{sd} [kN]</th> <th>$\beta_{V,cp}$ [%]</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>[1, 2, 3, 4]</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>1,000</td> <td>72,57</td> <td>145,14</td> <td>96,76</td> <td>2,50</td> <td>2,6%</td> </tr> </table> Taglio - Rottura per scalzamento(NRk,p) $N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \psi_{A,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{q,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec,V,cp}$ $V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,p}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <th>h_{ef} [mm]</th> <th>$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm²]</th> <th>$s_{cr,Np}$ [mm]</th> <th>$c_{cr,Np}$ [mm]</th> <th>d [mm]</th> <th>τ_{Rk} [N/mm²]</th> <th>ψ_c [-]</th> <th>k [-]</th> <th>γ_{Mc} [-]</th> </tr> <tr> <td>72</td> <td>12,0</td> <td>200,0</td> <td>100,0</td> <td>12,0</td> <td>12,0</td> <td>1,120</td> <td>2,0</td> <td>1,5</td> </tr> </table> Gli ancoranti sono divisi in 1 gruppo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <tr> <th>Gruppo No.</th> <th>Ancorante</th> <th>$N^0_{Rk,p}$ [kN]</th> <th>$A_{p,N}$ [mm²]</th> <th>$A^0_{p,N}$ [mm²]</th> <th>s_m [-]</th> <th>$\psi_{q,Np}$ [-]</th> <th>C_{te} [mm]</th> <th>C_{tx} [mm]</th> <th>C_{ty} [mm]</th> <th>C_{ty} [mm]</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>[1, 2, 3, 4]</td> <td>36,72</td> <td>86.800</td> <td>40.000</td> <td>95,0</td> <td>1,059</td> <td>100</td> <td>1.000</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </table>		h_{ef} [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$f_{ct,cube}$ [N/mm ²]	k [-]	γ_{Mc} [-]	110	330	165	37	2,0	1,5	Gruppo No.	Ancorante	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$A_{s,N}$ [mm ²]	$A^0_{s,N}$ [mm ²]	$\psi_{s,N}$ [-]	$\psi_{re,N}$ [-]	C_{te} [mm]	C_{tx} [mm]	C_{ty} [mm]	C_{ty} [mm]	1	[1, 2, 3, 4]	33,44	86.800	40.000	1,000	1,000	100	1.000	100	100	Gruppo No.	Ancorante	$e_{N,x}$ [mm]	$e_{N,y}$ [mm]	$\psi_{ec,N}$ [-]	$N_{Rk,c}$ [kN]	$V_{Rk,cp}$ [kN]	$V_{rd,cp}$ [kN]	V_{sd} [kN]	$\beta_{V,cp}$ [%]	1	[1, 2, 3, 4]	0,0	0,0	1,000	72,57	145,14	96,76	2,50	2,6%	h_{ef} [mm]	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	d [mm]	τ_{Rk} [N/mm ²]	ψ_c [-]	k [-]	γ_{Mc} [-]	72	12,0	200,0	100,0	12,0	12,0	1,120	2,0	1,5	Gruppo No.	Ancorante	$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$A_{p,N}$ [mm ²]	$A^0_{p,N}$ [mm ²]	s_m [-]	$\psi_{q,Np}$ [-]	C_{te} [mm]	C_{tx} [mm]	C_{ty} [mm]	C_{ty} [mm]	1	[1, 2, 3, 4]	36,72	86.800	40.000	95,0	1,059	100	1.000	100	100
h_{ef} [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$f_{ct,cube}$ [N/mm ²]	k [-]	γ_{Mc} [-]																																																																																										
110	330	165	37	2,0	1,5																																																																																										
Gruppo No.	Ancorante	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$A_{s,N}$ [mm ²]	$A^0_{s,N}$ [mm ²]	$\psi_{s,N}$ [-]	$\psi_{re,N}$ [-]	C_{te} [mm]	C_{tx} [mm]	C_{ty} [mm]	C_{ty} [mm]																																																																																					
1	[1, 2, 3, 4]	33,44	86.800	40.000	1,000	1,000	100	1.000	100	100																																																																																					
Gruppo No.	Ancorante	$e_{N,x}$ [mm]	$e_{N,y}$ [mm]	$\psi_{ec,N}$ [-]	$N_{Rk,c}$ [kN]	$V_{Rk,cp}$ [kN]	$V_{rd,cp}$ [kN]	V_{sd} [kN]	$\beta_{V,cp}$ [%]																																																																																						
1	[1, 2, 3, 4]	0,0	0,0	1,000	72,57	145,14	96,76	2,50	2,6%																																																																																						
h_{ef} [mm]	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	d [mm]	τ_{Rk} [N/mm ²]	ψ_c [-]	k [-]	γ_{Mc} [-]																																																																																							
72	12,0	200,0	100,0	12,0	12,0	1,120	2,0	1,5																																																																																							
Gruppo No.	Ancorante	$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$A_{p,N}$ [mm ²]	$A^0_{p,N}$ [mm ²]	s_m [-]	$\psi_{q,Np}$ [-]	C_{te} [mm]	C_{tx} [mm]	C_{ty} [mm]	C_{ty} [mm]																																																																																					
1	[1, 2, 3, 4]	36,72	86.800	40.000	95,0	1,059	100	1.000	100	100																																																																																					
01/12/2025 ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214 Page: 7 / 12																																																																																															

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata
---	--

Gruppo No.	Ancorante e	$\psi_{s,N}$ [-]	$\psi_{r,N}$ [-]	$e_{n,x}$ [mm]	$e_{n,y}$ [mm]	$\psi_{ec,N}$ [-]	$N_{Rk,c}$ [kN]	$V_{Rk,cp}$ [kN]	$V_{Ed,cp}$ [kN]	V_{sd} [kN]	$\beta_{V,cp}$ [%]
1	[1, 2, 3, 4]	1,000	1,000	0,0	0,0	1,000	84,38	168,76	112,51	2,50	2,2%

Taglio - Rottura del bordo di calcestruzzo

$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,V} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{Rk,V}$

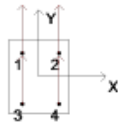
h_{ef} [mm]	$f_{ct,cube}$ [N/mm ²]	d [-]	$V_{Rk,c}$ [-]
110	37	12	1,5

Bordi "Xn"

Case: [1, 3]

Taglio[kN]

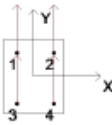
Ancorante	Q	Qx	Qy
1	0,62	0,00	0,62
2	0,62	0,00	0,62
3	0,62	0,00	0,62
4	0,62	0,00	0,62



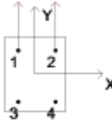
Gruppo No.	Ancorante	Linea di fallimento	Bordi	c_1 [mm]	c_{2min} [mm]	$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]	$\psi_{s,V}$ [-]	$\psi_{h,V}$ [-]
1	[1, 3]	[1, 3]	Xn	100	100	25,77	46.500	45.000	0,900	1,000
2	[2, 4, 1, 3]	[1, 3]	Xn	180	100	56,28	83.700	145.800	0,811	1,000

01/12/2025
ANCHOR FIXINGS
v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214
Page: 8 / 12

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 [PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE]  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24090 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>Gruppo No.</th><th>Ancorante</th><th>$\Psi_{s,v}$ [-]</th><th>e_v [mm]</th><th>$\Psi_{sc,v}$ [-]</th><th>$\Psi_{n,v}$ [-]</th><th>$V_{sk,c}$ [kN]</th><th>$V_{sd,c}$ [kN]</th><th>V_{sd} [kN]</th><th>k_1 [-]</th><th>$\beta_{v,c}$ [%]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>[1, 3]</td><td>2,500</td><td>0</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>59,91</td><td>39,94</td><td>1,25</td><td>2,4</td><td>3,1%</td></tr> <tr> <td>2</td><td>[2, 4, 1, 3]</td><td>2,500</td><td>20</td><td>0,931</td><td>1,000</td><td>61,00</td><td>40,66</td><td>2,50</td><td>2,4</td><td>6,1%</td></tr> </tbody> </table> Bordi "Xp" Case: [2, 4] Taglio[kN] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em;"> <thead> <tr> <th>Ancorante</th><th>Q</th><th>Qx</th><th>Qy</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,62</td><td>0,00</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,62</td><td>0,00</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,62</td><td>0,00</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,62</td><td>0,00</td><td>0,62</td></tr> </tbody> </table>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>Gruppo No.</th><th>Ancorante</th><th>Linea di fallimento</th><th>Bordi</th><th>c_1 [mm]</th><th>c_{2min} [mm]</th><th>$V_{sk,c}^0$ [kN]</th><th>$A_{c,v}$ [mm²]</th><th>$A_{c,v}^0$ [mm²]</th><th>$\Psi_{s,v}$ [-]</th><th>$\Psi_{n,v}$ [-]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>[2, 4]</td><td>[2, 4]</td><td>Xp</td><td>1.000</td><td>100</td><td>608,68</td><td>465.000</td><td>4.500.000</td><td>0,720</td><td>1,000</td></tr> <tr> <td>2</td><td>[1, 3, 2, 4]</td><td>[2, 4]</td><td>Xp</td><td>1.000</td><td>100</td><td>608,68</td><td>465.000</td><td>4.500.000</td><td>0,720</td><td>1,000</td></tr> </tbody> </table>		Gruppo No.	Ancorante	$\Psi_{s,v}$ [-]	e_v [mm]	$\Psi_{sc,v}$ [-]	$\Psi_{n,v}$ [-]	$V_{sk,c}$ [kN]	$V_{sd,c}$ [kN]	V_{sd} [kN]	k_1 [-]	$\beta_{v,c}$ [%]	1	[1, 3]	2,500	0	1,000	1,000	59,91	39,94	1,25	2,4	3,1%	2	[2, 4, 1, 3]	2,500	20	0,931	1,000	61,00	40,66	2,50	2,4	6,1%	Ancorante	Q	Qx	Qy	1	0,62	0,00	0,62	2	0,62	0,00	0,62	3	0,62	0,00	0,62	4	0,62	0,00	0,62	Gruppo No.	Ancorante	Linea di fallimento	Bordi	c_1 [mm]	c_{2min} [mm]	$V_{sk,c}^0$ [kN]	$A_{c,v}$ [mm²]	$A_{c,v}^0$ [mm²]	$\Psi_{s,v}$ [-]	$\Psi_{n,v}$ [-]	1	[2, 4]	[2, 4]	Xp	1.000	100	608,68	465.000	4.500.000	0,720	1,000	2	[1, 3, 2, 4]	[2, 4]	Xp	1.000	100	608,68	465.000	4.500.000	0,720	1,000
Gruppo No.	Ancorante	$\Psi_{s,v}$ [-]	e_v [mm]	$\Psi_{sc,v}$ [-]	$\Psi_{n,v}$ [-]	$V_{sk,c}$ [kN]	$V_{sd,c}$ [kN]	V_{sd} [kN]	k_1 [-]	$\beta_{v,c}$ [%]																																																																													
1	[1, 3]	2,500	0	1,000	1,000	59,91	39,94	1,25	2,4	3,1%																																																																													
2	[2, 4, 1, 3]	2,500	20	0,931	1,000	61,00	40,66	2,50	2,4	6,1%																																																																													
Ancorante	Q	Qx	Qy																																																																																				
1	0,62	0,00	0,62																																																																																				
2	0,62	0,00	0,62																																																																																				
3	0,62	0,00	0,62																																																																																				
4	0,62	0,00	0,62																																																																																				
Gruppo No.	Ancorante	Linea di fallimento	Bordi	c_1 [mm]	c_{2min} [mm]	$V_{sk,c}^0$ [kN]	$A_{c,v}$ [mm²]	$A_{c,v}^0$ [mm²]	$\Psi_{s,v}$ [-]	$\Psi_{n,v}$ [-]																																																																													
1	[2, 4]	[2, 4]	Xp	1.000	100	608,68	465.000	4.500.000	0,720	1,000																																																																													
2	[1, 3, 2, 4]	[2, 4]	Xp	1.000	100	608,68	465.000	4.500.000	0,720	1,000																																																																													
01/12/2025 ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214 Page: 9 / 12																																																																																							

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>Gruppo No.</th><th>Ancorante</th><th>$\Psi_{s,v}$ [-]</th><th>e_v [mm]</th><th>$\Psi_{ec,v}$ [-]</th><th>$\Psi_{re,v}$ [-]</th><th>$V_{Rk,c}$ [kN]</th><th>$V_{Rd,c}$ [kN]</th><th>V_{sd} [kN]</th><th>k_1 [-]</th><th>$\beta_{v,c}$ [%]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>[2, 4]</td><td>2,500</td><td>0</td><td>1,000</td><td>1,000</td><td>113,22</td><td>75,48</td><td>1,25</td><td>2,4</td><td>1,7%</td></tr> <tr> <td>2</td><td>[1, 3, 2, 4]</td><td>2,500</td><td>20</td><td>0,987</td><td>1,000</td><td>111,73</td><td>74,48</td><td>2,50</td><td>2,4</td><td>3,4%</td></tr> </tbody> </table> Bordi "Yp" Case: [1, 2] Taglio[kN] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.7em; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Ancorante</th><th>Q</th><th>Qx</th><th>Qy</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,25</td><td>0,00</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,25</td><td>0,00</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>0,00</td></tr> </tbody> </table>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>Gruppo No.</th><th>Ancorante</th><th>Linea di fallimento</th><th>Bordi</th><th>C_1 [mm]</th><th>C_{2min} [mm]</th><th>$V_{Rk,c}^0$ [kN]</th><th>$A_{c,v}$ [mm²]</th><th>$A_{c,v}^0$ [mm²]</th><th>$\Psi_{s,v}$ [-]</th><th>$\Psi_{re,v}$ [-]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>[1, 2]</td><td>[1, 2]</td><td>Yp</td><td>100</td><td>100</td><td>25,77</td><td>49.500</td><td>45.000</td><td>0,900</td><td>1,000</td></tr> </tbody> </table>		Gruppo No.	Ancorante	$\Psi_{s,v}$ [-]	e_v [mm]	$\Psi_{ec,v}$ [-]	$\Psi_{re,v}$ [-]	$V_{Rk,c}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{sd} [kN]	k_1 [-]	$\beta_{v,c}$ [%]	1	[2, 4]	2,500	0	1,000	1,000	113,22	75,48	1,25	2,4	1,7%	2	[1, 3, 2, 4]	2,500	20	0,987	1,000	111,73	74,48	2,50	2,4	3,4%	Ancorante	Q	Qx	Qy	1	1,25	0,00	1,25	2	1,25	0,00	1,25	3	0,00	0,00	0,00	4	0,00	0,00	0,00	Gruppo No.	Ancorante	Linea di fallimento	Bordi	C_1 [mm]	C_{2min} [mm]	$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$A_{c,v}$ [mm ²]	$A_{c,v}^0$ [mm ²]	$\Psi_{s,v}$ [-]	$\Psi_{re,v}$ [-]	1	[1, 2]	[1, 2]	Yp	100	100	25,77	49.500	45.000	0,900	1,000
Gruppo No.	Ancorante	$\Psi_{s,v}$ [-]	e_v [mm]	$\Psi_{ec,v}$ [-]	$\Psi_{re,v}$ [-]	$V_{Rk,c}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{sd} [kN]	k_1 [-]	$\beta_{v,c}$ [%]																																																																		
1	[2, 4]	2,500	0	1,000	1,000	113,22	75,48	1,25	2,4	1,7%																																																																		
2	[1, 3, 2, 4]	2,500	20	0,987	1,000	111,73	74,48	2,50	2,4	3,4%																																																																		
Ancorante	Q	Qx	Qy																																																																									
1	1,25	0,00	1,25																																																																									
2	1,25	0,00	1,25																																																																									
3	0,00	0,00	0,00																																																																									
4	0,00	0,00	0,00																																																																									
Gruppo No.	Ancorante	Linea di fallimento	Bordi	C_1 [mm]	C_{2min} [mm]	$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$A_{c,v}$ [mm ²]	$A_{c,v}^0$ [mm ²]	$\Psi_{s,v}$ [-]	$\Psi_{re,v}$ [-]																																																																		
1	[1, 2]	[1, 2]	Yp	100	100	25,77	49.500	45.000	0,900	1,000																																																																		
01/12/2025 ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214 Page: 10 / 12																																																																												

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata
--	---

Gruppo No.	Ancorante	$\Psi_{a,v}$ [-]	e_v [mm]	$\Psi_{ec,v}$ [-]	$\Psi_{re,v}$ [-]	$V_{Rk,c}$ [kN]	$V_{Ed,c}$ [kN]	V_{ed} [kN]	k_1 [-]	$\beta_{V,c}$ [%]
1	[1, 2]	1,000	0	1,000	1,000	25,51	17,01	2,50	2,4	14,7%

Combinazione trazione e taglio

	Ancorante	Trazione (β_N)	Taglio (β_V)	Condizione	Utilizzazione	Status
Acciaio	3	25,5%	2,3%	$\beta = \beta_N^2 + \beta_V^2$	6,6%	✓
Calcestruzzo	3	69,6%	6,1%	$\beta = (\beta_N^2 + \beta_V^2)$	59,6%	✓

Ancora nte	$\beta_{N,s}$	$\beta_{N,p}$	$\beta_{N,comb}$	$\beta_{N,c}$	$\beta_{N,sp}$	$\beta_{V,s}$	$\beta_{V,sla}$	$\beta_{V,sp}$	$\beta_{V,c}$	$\beta_{N,s,max}$	$\beta_{V,s,max}$	$\beta_{N,c,max}$	$\beta_{V,c,max}$	$\beta_{comb,c}$	$\beta_{comb,s,e}$
1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%	0,0%	2,6%	14,7%	0,0%	2,3%	0,0%	14,7%	5,6%	0,1%
2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%	0,0%	2,6%	14,7%	0,0%	2,3%	0,0%	14,7%	5,6%	0,1%
3	25,5%	0,0%	69,6%	65,1%	48,2%	2,3%	0,0%	2,6%	6,1%	25,5%	2,3%	69,6%	6,1%	59,6%	6,6%
4	25,5%	0,0%	69,6%	65,1%	48,2%	2,3%	0,0%	2,6%	6,1%	25,5%	2,3%	69,6%	6,1%	59,6%	6,6%

$\beta_{N,s,max} = \beta_{N,s}$
 $\beta_{V,s,max} = \max (\beta_{V,s} , \beta_{V,sla})$

01/12/2025
ANCHOR FIXINGS
v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214
Page: 11 / 12

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

BOSSONG FIX 4.0 PROFESSIONAL ANCHOR DESIGN SOFTWARE  BOSSONG S.p.A. - Via E. Fermi, 49/51 (Z.I.2) - 24050 GRASSANO (BG) Italy Tel +39 035 3846 011 - info@bossong.com - www.bossong.com	Progetto Codice di riferimento Ufficio progettazione Persona incaricata Ufficio costruzioni Persona incaricata
$\beta_{N,c,max,E} = \max (\beta_{N,p} , \beta_{N,c} , \beta_{N,sp} , \beta_{N,comb})$ $\beta_{V,c,max,E} = \max (\beta_{V,cp} , \beta_{V,c})$ $\beta_{comb,s,E} = \beta_{N,s}^2 + \beta_{V,s}^2$ $\beta_{comb,c,E} = \min [(\beta_{N,c,max,E}^{1.5} + \beta_{V,c,max,E}^{1.5}) , (\beta_{N,c,max,E} + \beta_{V,c,max,E}) / 1.2]$ Considerando gli ancoranti correlati e la separazione tra rottura acciaio e calcestruzzo RISULTATO OK - La capacità è adeguata NOTE La verifica dei casi progettuali coperti da ETAG 001 e TR029 è eseguita in accordo a tali linee guida. La verifica dei casi progettuali non coperti da ETAG 001 o TR029 è eseguita tramite specifica linea guida. Maggiori dettagli possono essere trovati in ACP Design Guides. I carichi agenti sugli ancoranti sono valutati in accordo alla teoria dell'elasticità, assumendo che la piastra di ancoraggio sia sufficientemente rigida. L'utente deve verificare questa condizione, dal momento che il programma non verifica automaticamente la rigidità della piastra. Il trasferimento dei carichi dagli ancoranti al materiale base dovrà essere verificato in accordo a ETAG 001 Annex C o TR029 sezione 7. Il metodo di progettazione è valido solo per fori nella piastra di fissaggio con un diametro non superiore ai valori riportati in ETAG 001 Annex C o TR029 Tabella 4.1. AVVISO IMPORTANTE I dati inseriti nel software, ed i relativi risultati, devono essere verificati dall'utente sotto la responsabilità di un ingegnere con esperienza nel settore dell'ancoraggio in calcestruzzo. Questo per assicurare che non vi siano errori e che tutti i dati siano completi, accurati e che rispettino le norme ed i regolamenti relativi alla condizione reale ed all'applicazione. I dati contenuti nel software sono relativi solo ed esclusivamente ai prodotti inseriti e si basano sui principi, formule e regolamenti di sicurezza in accordo alle esistenti linee guida per ancoraggi in calcestruzzo, oltre che all'esperienza tecnica del produttore. L'utente deve rispettare tali principi. L'utente è il solo responsabile circa i dati inseriti nel programma per eseguire il calcolo; qualsiasi errore od omissione ricade sotto la responsabilità dell'utente. L'utente deve assicurarsi di utilizzare la versione aggiornata del programma utilizzando la funzione di auto-aggiornamento messa a disposizione. L'utente deve aggiornare il programma quando è richiesto di farlo. L'obiettivo del programma è quello di agire come un aiuto al calcolo per aiutare a rispettare i regolamenti e le attuali linee guida, senza alcuna garanzia di idoneità per qualsiasi applicazione specifica.	
01/12/2025	ANCHOR FIXINGS v. 4.1.5.260 - Database 24.7.2494084214

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

Di seguito si riporta la verifica a flessione del piatto con irrigidimenti (considerando quindi la piastra come rigida) – si rimanda alle tavole di progetto per ulteriori dettagli:

DESIGN CONNECTION WITH BOLTS					
Norm: [1] UNI EN 1993-1-8:2005 - [2] NTC-18					
PROPERTIES					
Steel					
Type of steel	S355				
Partial safety factor for resistance of members	γ_{M0}	=	1,05		
Partial safety factor for resistance of bolts	γ_{M1}	=	1,05		
Partial safety factor for resistance of bolts	γ_{M2}	=	1,25		
Partial safety factor for preload of high strenght bolts	γ_{M7}	=	1,05		
Elastic module	E	=	210000	N/mm ²	
Characteristic value of resitance	f_{yk}	=	355	N/mm ²	
Design value of resistance	f_{yd}	=	338	N/mm ²	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$
Design value of instability	f_{yd}	=	338	N/mm ²	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M1}$
Tensile Strenght	f_u	=	490	N/mm ²	
plate thickness	t	=	10	mm	
BOLTS PROPERTIES					
Data					
Bolt class		=	8,8		
Yeld strenght	f_{yb}	=	640	N/mm ²	
Ultimate tensile strenght	f_{ub}	=	800	N/mm ²	
Bolt dimension	M	=	12	mm	
	S	=	19	mm	
Tensile stress area of the bolt	$A_{res.}$	=	84	mm ²	Net area
Total number of bolts	N	=	1		
Equivalent diameter	$\Phi_{equiv.}$	=	10,4	mm	
ACTION					
Data					
maximum tension force	N_t	=	11,5	kN	
Traction in 1 bolt due to bending moment around x axis	$F_{t,Mx}$	=	0,0	kN	
Traction in 1 bolt due to bending moment around y axis	$F_{t,My}$	=	0,0	kN	
Shear in y direction (total value. Not yet divided on bolts)	$F_{v,ed,y}$	=	1,0	kN	
Shear in x direction (total value. Not yet divided on bolts)	$F_{v,ed,x}$	=	0,0	kN	

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
	Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025 INDICE DI REV 01

DESIGN CONNECTION WITH BOLTS					
Norm: [1] UNI EN 1993-1-8 - [2] NTC-18					
MATERIAL					
Steel properties					
Type of steel		S355			
Partial safety factor for resistance of members	γ_{M0}	=	1,05		
Partial safety factor for resistance of bolts	γ_{M1}	=	1,05		
Partial safety factor for resistance of bolts	γ_{M2}	=	1,25		
Elastic module	E	=	210000	N/mm ²	
Characteristic value of resistance	f_{yk}	=	355	N/mm ²	
Design value of resistance	f_{yd}	=	338	N/mm ²	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0}$
Design value of instability	f_{yd}	=	338	N/mm ²	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M1}$
Tensile Strength	f_u	=	490	N/mm ²	
GEOMETRY					
General					
Thickness of plate	t	=	10	mm	
(eventual) added plate	t	=	0	mm	
Bolt dimension	M	=	12	mm	
Hole diameter for a bolt	d ₀	=	13,0	mm	
Bases and lengths					
Length 1	L1	=	25	mm	
Maximum base1	B1,max	=	63,0	mm	
Base1	B1	=	45	mm	
Length 2	L2	=	20	mm	
Maximum base2	B2,max	=	53,0	mm	
Base2	B2	=	50	mm	
Length 3	L3	=	75	mm	
Maximum base3	B3,max	=	163,0	mm	
Base3	B3	=	0	mm	
Length 4	L4	=	150	mm	
Maximum base4	B4,max	=	313,0	mm	
Base4	B4	=	0	mm	
ACTION FORCES					
Tension force	F _{T,Ed}	=	11,5	kN	
DISTRIBUTION FORCES AND BENDING RESISTANCE					
Distribution of forces - Bending moment					
Force 1	F1	=	3,6	kN	
Force 2	F2	=	7,9	kN	
Force 3	F3	=	0,0	kN	
Force 4	F4	=	0,0	kN	
Moment m1	m _{Ed,1}	=	2015	Nmm/mm	
Moment m2	m _{Ed,2}	=	3149	Nmm/mm	
Moment m3	m _{Ed,3}	=	0	Nmm/mm	
Moment m4	m _{Ed,4}	=	0	Nmm/mm	
Bending resistance					
Elastic resistance modulus	W _{el}	=	16,7	mm ³	
Plastic resistance modulus	W _{pl}	=	25,0	mm ³	
Resistent moment	m _{Rd}	=	5635	Nmm/mm	
CHECKS					
m _{Ed,1} / m _{Rd} <1		0,36	<	1	CHECKED
m _{Ed,2} / m _{Rd} <1		0,56	<	1	CHECKED
m _{Ed,3} / m _{Rd} <1		0,00	<	1	CHECKED
m _{Ed,4} / m _{Rd} <1		0,00	<	1	CHECKED

 Comune di Solarino (Libero Consorzio dei Comuni di Siracusa)	TITOLO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI VIABILITÀ E PARCHEGGIO IN PROSSIMITÀ DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA "MADRE TERESA DI CALCUTTA" Progetto esecutivo opere di sostegno PROGETTO ESECUTIVO			
Ing. Giulio Catinella	TITOLO DOC. Relazione di calcolo strutturale – opere di sostegno e parapetto	N° DOC. PE-002-25-R1-A4_01	DATA Dic.2025	INDICE DI REV 01

14. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente capitolo sono presentate per punti alcune considerazioni conclusive.

1. La presente relazione ha il solo scopo di dimensionamento, calcolo e verifica delle opere di sostegno in c.a. e relativo parapetto. Ogni altra opera strutturale o che richieda calcoli ingegneristici (opere idrauliche, etc.) non è scopo della presente relazione di calcolo strutturale. Ogni documento di riferimento alla presente relazione (vedi §2) fa riferimento a quanto sopra descritto.
2. Le opere di sostegno (muri di contenimento) ed il relativo parapetto sono stati progettati, dimensionati e verificati facendo riferimento alle Vigenti Normative (i.e. D.M. 17/1/2018, relativa Circolare esplicativa e Normative di comprovata validità).
3. Le verifiche di sicurezza strutturale risultano soddisfatte (vedi §10 e §13).
4. Le verifiche di sicurezza geotecnica risultano soddisfatte (vedi §11).
5. Per le opere di sostegno, è stato sviluppato il dimensionamento, calcolo e verifica strutturale relativamente alla peggiore condizione tra le configurazioni possibili, applicando i carichi derivanti dalla peggiore situazione di azioni.
6. Per il parapetto è stato sviluppato il calcolo secondo le prescrizioni Normative del §4.2 del D.M.17/01/2018, applicando le azioni sollecitanti variabili e del vento, senza prendere in considerazione l'azione sismica in quanto non dimensionante ai fini del calcolo strutturale e delle massime azioni interne derivanti.