

Collegamento tra l'A4 (Torino–Milano) in località Santhià, Biella, Gattinara e l'A26 (Genova Voltri–Gravellona) in località Ghemme. Lotto 1

PROGETTO DEFINITIVO

COD.

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

ing. Vincenzo Marzi
Ordine Ing. di Bari n.3594
ing. Achille Devitofranceschi
Ordine Ing. di Roma n.19116

IL GEOLOGO:

geol. Serena Majetta
Ordine Geol. del Lazio n.928

RESPONSABILE DEL SIA

arch. Giovanni Magarò
Ordine Arch. di Roma n.16183

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

geom. Fabio Quondam

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

ing. Nicolò Canepa

PROTOCOLLO

DATA

Ponte S. Giorgio – Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

DPT007 D 1701

CODICE ELAB. T00VI02STRRE01

A

–

C

B

A

emissione

18/5/2018

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

**Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo**

PONTE SAN GIORGIO – VI02

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

INDICE

1. PREMESSA.....	6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
3. MATERIALI.....	9
3.1. Calcestruzzo per pali di fondazione	9
3.2. Calcestruzzo per fondazioni spalle	9
3.3. Calcestruzzo per elevazione spalle	10
3.4. Calcestruzzo per solette, cordoli e baggioli	11
3.5. Calcestruzzo per predalle collaboranti con la soletta	11
3.6. Durabilità e copriferri	12
3.7. Acciaio per armatura lenta	13
3.8. Acciaio per carpenteria metallica	13
3.9. Acciaio per piolatura	14
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	15
5. DESCRIZIONE DELL'OPERA	17
6. CLASSIFICAZIONE DEI PROFILI METALLICI.....	19
6.1. Travi principali	19
6.1.1. Sezione tipo A	19
6.1.2. Sezione tipo B	20
6.1.3. Sezione tipo D	22
6.2. Trasversi	23
6.2.1. Trasversi correnti.....	23

6.2.2.	Trasversi in appoggio.....	23
7.	DEFINIZIONE DELLE LARGHEZZE COLLABORANTI	25
8.	ANALISI DEI CARICHI	26
8.1.	Peso proprio delle strutture metalliche	26
8.2.	Peso proprio della soletta	26
8.3.	Spinta statica delle terre	26
8.4.	Sovraccarichi permanenti	26
8.5.	Cedimenti differenziali	27
8.6.	Ritiro della soletta	27
8.7.	Azioni variabili	27
8.7.1.	Carichi viaggianti da traffico	27
8.7.2.	Carichi variabili da traffico pesante per analisi della fatica.....	29
8.7.3.	Variazione termiche.....	29
8.7.4.	Vento	29
8.7.5.	Frenatura	29
8.7.6.	Azione centrifuga	30
8.7.7.	Azione sismica	30
8.7.8.	Carico di costruzione	30
8.8.	Azioni eccezionali	30
8.8.1.	Urto dei veicoli in svio.....	30
9.	COMBINAZIONI DI CARICO	31
9.1.	Combinazioni di carico SLU/SLE adottate ai fini delle verifiche dell'impalcato	31
9.2.	Combinazioni di carico sismiche	31
10.	MODELLI DI CALCOLO	32
10.1.	Modellazione globale sismica	32

10.2.	Modellazione delle travi principali composte acciaio-calcestruzzo	33
10.3.	Geometria dei conci	35
10.4.	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DEI CODICI DI CALCOLO	36
10.4.1.	Origine e caratteristiche dei software di calcolo	37
10.4.2.	Affidabilità dei codici utilizzati	37
11.	CRITERI DI VERIFICA	38
11.1.	Premessa	38
11.2.	Verifiche considerate	38
11.2.1.	Verifiche agli SLU	38
11.2.2.	Verifiche agli SLE	38
11.2.3.	Verifiche allo SLF	39
12.	ANALISI E VERIFICHE DELLA SOLETTA	40
12.1.	Fase di getto – verifica predalle	40
12.2.	In situazione persistente / eccezionale	42
13.	ANALISI E VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI	47
13.1.	Grafici di riepilogo delle azioni sollecitanti	47
13.2.	Verifiche SLU	92
13.3.	Verifiche SLE R	95
13.4.	Verifiche SLE F	98
13.5.	Verifiche a fessurazione	100
13.6.	Verifiche a fatica	101
14.	ANALISI E VERIFICA DEI TRASVERSI	103
14.1.	Verifica dei trasversi di appoggio in combinazione sismica	104

15. VERIFICA DEL SISTEMA DI VINCOLO (APPOGGI E GIUNTI)	107
16. SPALLE	109
16.1. Verifica muro frontale	109
16.2. Verifica paraghiaia	111
16.3. Verifica muro d'ala	113
16.4. Fondazione	115

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento strutturale del ponte San Giorgio tra le progressive 30+448.70 e 30+496.30, previsto nell'ambito della progettazione definitiva del collegamento viario «Pedemontana piemontese» tra la A4 e la A26 (Santhià - Biella - Gattinara - Ghemme) – tratto Masserano – Ghemme.

Il ponte attraversa il Rio San Giorgio e presenta due impalcati gemelli distinti, a campata singola di lunghezza 47.60 m (in asse appoggi). Per entrambe le spalle sono previsti pali di fondazione trivellati.

La sede stradale di ciascun impalcato presenta un bitumato di 9.75 m più due cordoli da 0.75 m, per una larghezza complessiva di 11.25 m. Su entrambi i cordoli di ciascun impalcato sono previste barriere H3 bordo ponte mentre tra i due impalcati (delle due carreggiate) è collocata una rete anti-caduta.

Ciascun impalcato è realizzato con sistema costruttivo misto acciaio-calcestruzzo, costituito da 2 travi metalliche principali parallele all'asse stradale e soletta superiore di completamento in conglomerato cementizio armato. La collaborazione tra le travi metalliche e la soletta è ottenuta per mezzo di connettori (pioli tipo Nelson) saldati all'estradosso delle travi principali. Le travi principali sono collegate tra loro con traversi, aventi duplice funzione: da un lato, quella di contrastare - per tutto lo sviluppo del ponte - lo svergolamento e la perdita di forma, dall'altro - e specificatamente in corrispondenza degli appoggi - quella di trasferire le azioni trasversali alle sottostrutture e di permettere (in fase di manutenzione) il sollevamento dell'impalcato contrastando la flessione trasversale delle travi principali.

L'impalcato è vincolato alle spalle attraverso appoggi isolatori elastomerici, che realizzano un disaccoppiamento sismico tra impalcato e sotto-strutture.

Per motivi di realizzabilità e di trasporto ciascuna travata è prefabbricata in officina in conci, quindi trasportata e assemblata in opera mediante giunzioni saldate.

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore elencate nel seguito.

- [I] Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- [II] Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- [III] Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- [IV] D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- [V] CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- [VI] UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- [VII] UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- [VIII] UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- [IX] UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- [X] UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- [XI] UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- [XII] UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- [XIII] UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;

- [XIV] UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- [XV] UNI EN 1994-2 (Eurocodice 4) – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- [XVI] UNI EN 1993-1-9 (Eurocodice 3) – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-9: Fatica
- [XVII] Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- [XVIII] UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;
- [XIX] UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- [XX] UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

3. MATERIALI

Per la realizzazione delle strutture si prevede l'utilizzo di calcestruzzi ed acciai aventi le seguenti caratteristiche.

3.1. Calcestruzzo per pali di fondazione

Classe di resistenza	C28/35
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di consistenza	S5
$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.835 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.984 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 3.685 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.40 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 32588 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 16.45 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 17.43 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.07 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.2. Calcestruzzo per fondazioni spalle

Classe di resistenza	C28/35
Diametro massimo inerte	32 mm
Classe di consistenza	S4
$R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 29.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 37.05 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.835 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice

$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.984 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 3.685 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.40 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 32588 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 16.45 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.32 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 17.43 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 13.07 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{dis} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.3. Calcestruzzo per elevazione spalle

Classe di resistenza	C32/40
Diametro massimo inerte	25 mm
Classe di consistenza	S4
$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 4.03 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 3.72 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 18.81 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 14.94 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.

$$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$$

coefficiente di espansione termica

3.4. Calcestruzzo per solette, cordoli e baggioli

Classe di resistenza	C35/45
Diametro massimo inerte	25 mm
Classe di consistenza	S5
$R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 37.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.35 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 4.36 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.02 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 21.17 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 22.41 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 16.81 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.5. Calcestruzzo per predalle collaboranti con la soletta

Classe di resistenza	C40/50
Diametro massimo inerte	16 mm
Classe di consistenza	secondo le specifiche di produzione
$R_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$	resistenza cubica caratteristica a compressione
$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 41.50 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 49.50 \text{ N/mm}^2$	resistenza cilindrica media a compressione
$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.60 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk}(5\%) = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.52 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (5%)
$f_{ctk}(95\%) = 1.3 \cdot f_{ctm} = 4.68 \text{ N/mm}^2$	resistenza caratteristica a trazione (95%)
$f_{ctfm} = 1.2 \cdot f_{ctm} = 4.32 \text{ N/mm}^2$	resistenza media a trazione per flessione

$E_{cm} = 22000 \cdot [f_{cm}/10]^{0.3} = 35547 \text{ N/mm}^2$	valore medio del modulo di elasticità longitudinale
$\nu = 0.15$	coefficiente di Poisson
$\alpha = 1.0 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\alpha_{cc} = 0.85$	fattore di riduzione per carichi di lunga durata
$\gamma_c = 1.5$	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 23.52 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a compressione
$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.68 \text{ N/mm}^2$	valore di calcolo della resistenza a trazione
$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Rara
$\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 18.68 \text{ N/mm}^2$	resistenza a compressione agli SLE comb, Q.perm.
$\alpha_{th}^{cls} = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$	coefficiente di espansione termica

3.6. Durabilità e copriferri

In relazione alle classi di esposizione ambientale definite nella UNI EN 206-1 e nella UNI 11104, sono state attribuite ai diversi elementi strutturali le seguenti classi di esposizione alle quali sono state associate le condizioni ambientali (vedi Tabella 4.1.III della [IV]):

- pali XC2 c.a. ordinarie
- fondazioni spalle XC2 c.a. ordinarie
- elevazioni spalle XC2 c.a. ordinarie
- soletta impalcato / predalle XC4+XD1 c.a. aggressive

Considerata la classe di esposizione ambientale dell'opera, la tipologia dell'opera e la classe del calcestruzzo impiegato, i valori del copriferro minimo (vedi tabella C4.1.IV della [V]) sono riportati nella seguente tabella, dove si è assunta una tolleranza di posizionamento delle armature pari a 5 mm.

Elemento	Cls classe	Condizioni ambientali	Tipo elemento	Copriferro di progetto c_{min}
pali	C28/35	ordinarie	altri elem.	75 mm
fondazioni spalle	C28/35	ordinarie	piastra	40 mm
elevazioni spalle	C32/40	ordinarie	piastra	40 mm
soletta impalcato / baggioli	C35/45	aggressive	piastra	35 mm
predalle collaboranti	C40/50	aggressive	piastra	25 mm

Tabella 3.1: Copriferri minimi

3.7. Acciaio per armatura lenta

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio saldabile del tipo B450C controllato in stabilimento caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$$f_{y\text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t\text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$$

L'acciaio B450C deve rispettare le caratteristiche riportate nella seguente tabella.

Proprietà	Requisito	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq 540 \text{ N/mm}^2$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 ≤ 1.35	10.0
$(f_t/f_{y\text{ nom}})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento totale al carico massimo (A_{gt})	$\geq 7.5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12$	4ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16$	5ϕ	
$16 < \phi \leq 25$	8ϕ	
$25 < \phi \leq 40$	10ϕ	

Tabella 3.2: Caratteristiche dell'acciaio

La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è pari a:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.15 = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

essendo $\gamma_s = 1.15$ il coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio.

L'acciaio B450C è idoneo per la realizzazione di strutture in zone sismiche, come indicato in [IV].

Il modulo di elasticità è pari a: $E_a = 210\,000 \text{ N/mm}^2$

Il coefficiente di espansione termica è pari a: $\alpha_{th}^a = 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}$

3.8. Acciaio per carpenteria metallica

Si adotta un acciaio da costruzione tipo S355W secondo UNI EN 10025. La tensione di snervamento f_y e di rottura f_u , in funzione degli spessori è la seguente [IV].

t [mm]	≤ 40	> 40 ≤ 80
f_y	355	335
f_u	490	470

Tabella 3.3: Tensioni massime [N/mm²] di snervamento e rottura dell'acciaio

Gli altri parametri di calcolo assunti sono appresso riportati:

modulo di elasticità $E_a = 210\,000\text{ N/mm}^2$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}\text{ }^\circ\text{C}$

coefficiente di Poisson $\nu = 0.3$

densità $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$

3.9. Acciaio per piolatura

L'acciaio per i connettori Nelson è di tipo S235J2G3 con tensione di rottura $f_u = 450\text{ N/mm}^2$

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione dell'azione sismica dell'opera in esame viene effettuata ai sensi del *D.M. 14 gennaio 2008* e relative istruzioni.

Il sito ricade nella categoria classificata come **B**.

Si riportano di seguito i parametri utilizzati per la costruzione degli spettri allo **SLV** e allo **SLC**

Spettro SLV:

$$a_g/g = 0.048;$$

$$F_0 = 2.669;$$

$$S_s = 1.2;$$

$$S_T = 1;$$

$$\xi_{is} = 15\% \text{ (smorzamento equivalente sistema di isolamento)}$$

$$T_C^* = 0.302 \text{ s}; T_C = 0.4221 \text{ s}; T_B = 0.1407 \text{ s}; T_D = 1.792 \text{ s}.$$

Spettro SLC:

$$a_g/g = 0.06;$$

$$F_0 = 2.718;$$

$$S_s = 1.2;$$

$$S_T = 1;$$

$$\xi_{is} = 15\% \text{ (smorzamento equivalente sistema di isolamento)}$$

$$T_C^* = 0.319 \text{ s}; T_C = 0.441 \text{ s}; T_B = 0.147 \text{ s}; T_D = 1.84 \text{ s}.$$

Si riportano di seguito gli spettri **SLV** e **SLC**.

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

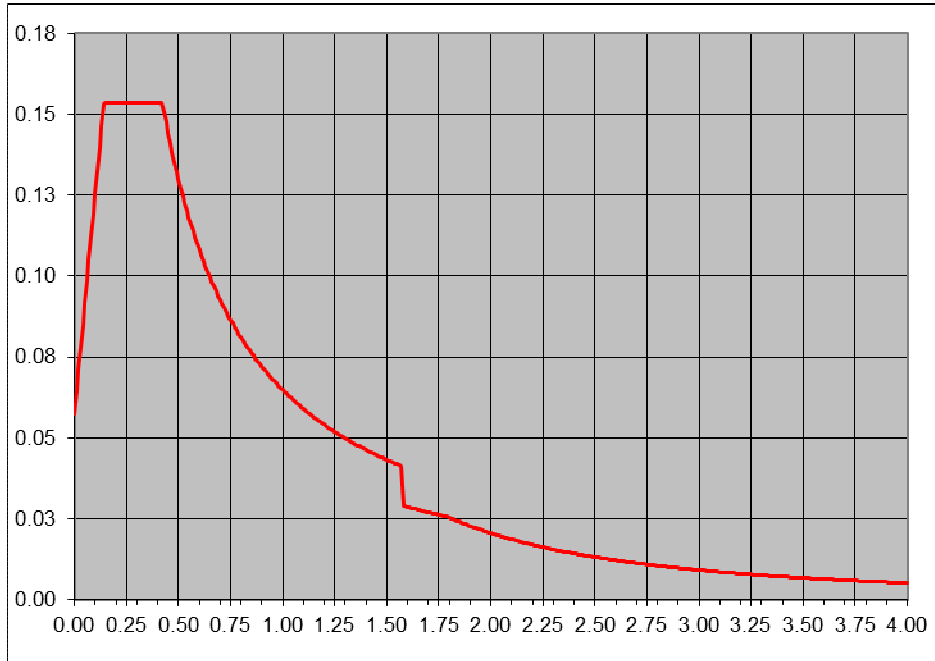


Figura 4.1. Spettro SLV

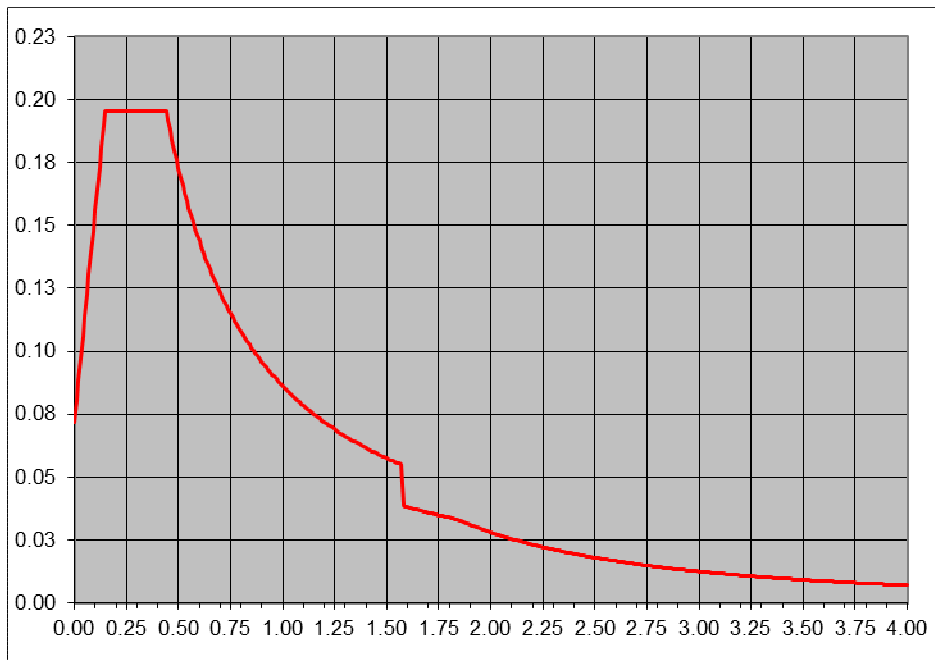


Figura 4.2. Spettro SLC

5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

In accordo con il tracciato stradale, ciascuno dei due impalcati presenta un andamento curvo. Per ciò che riguarda le sottostrutture si prevede un'unica fondazione che colleghi le spalle omologhe dei due impalcato.

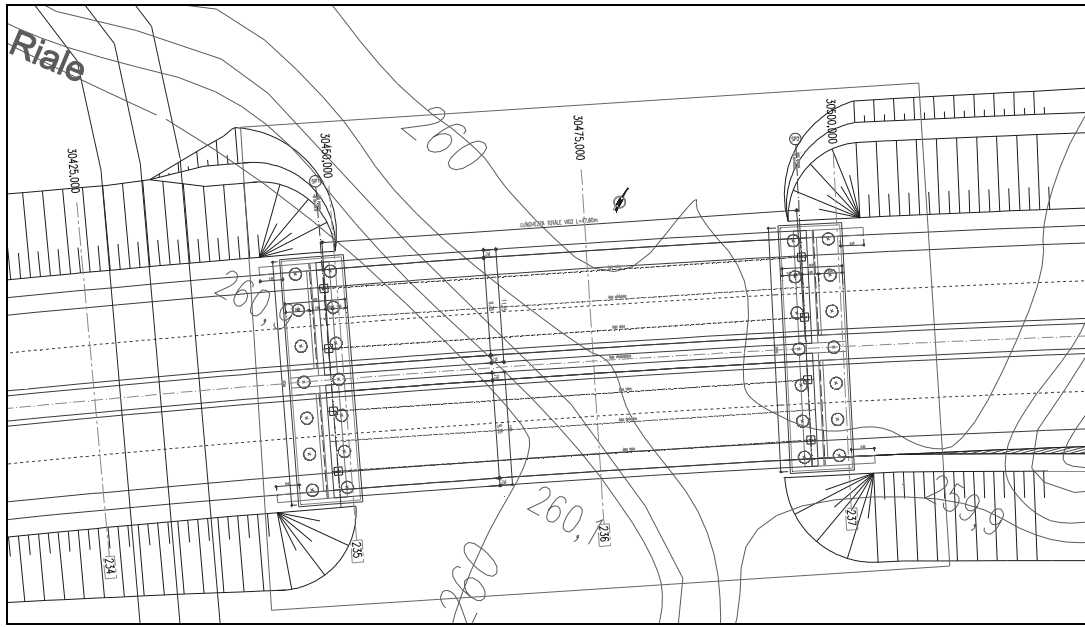


Figura 5.1: Pianta impalcato e fondazioni

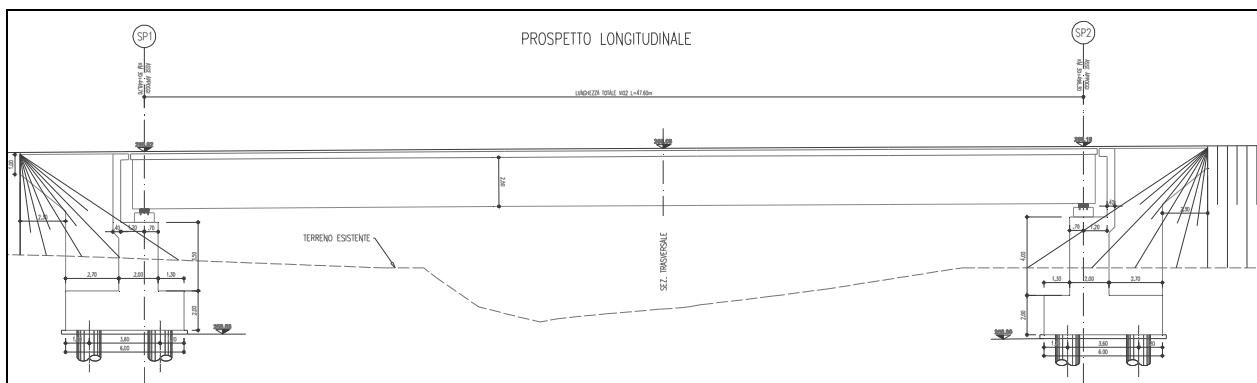


Figura 5.2: Sezione longitudinale

Entrambi gli impalcati presentano pendenza trasversale diretta verso l'interno della curva e ottenuta mediante sfalsamento in altezza delle travi principali.

Per la realizzazione della soletta di completamento si prevede un getto su predalles prefabbricate disposte trasversalmente all'impalcato, con fondello interrotto (e traliccio passante) in corrispondenza della piolatura delle travi.

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

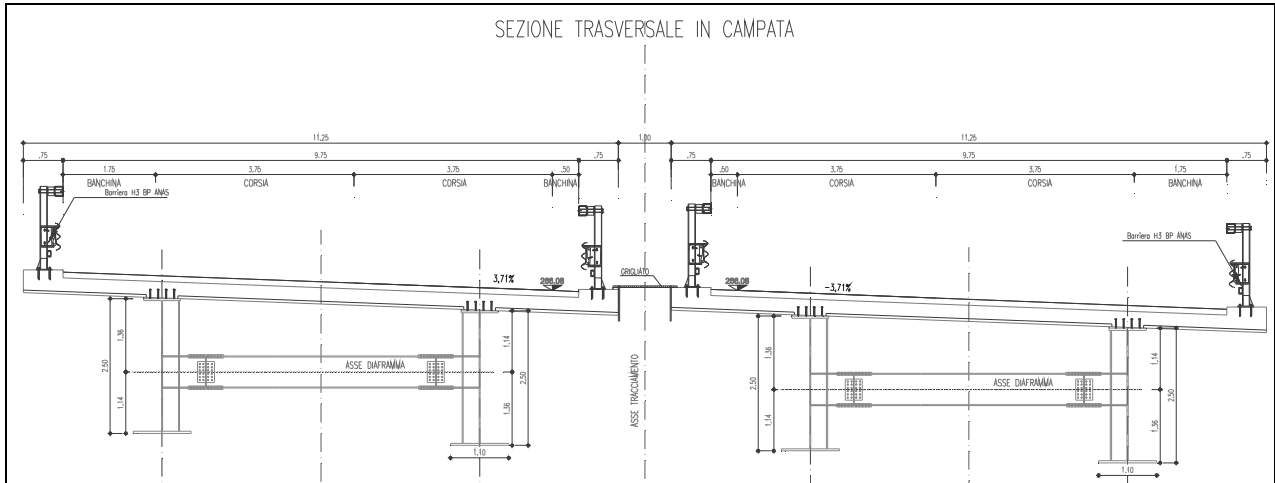


Figura 5.3: Sezione trasversale in campata

6. CLASSIFICAZIONE DEI PROFILI METALLICI

A seguire si riporta la descrizione delle caratteristiche geometriche dei profili metallici adottati come travi principali e come traversi.

6.1. Travi principali

Le travi principali sono a doppio T mono-simmetriche e presentano diverse tipologie di sezioni in funzione delle richieste di resistenza e rigidità (figura successiva).

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE TRAVI			
CONCIO TIPO	Ⓐ	Ⓑ	Ⓓ
FLANGIA SUP	900X30	900X40	900X20
ANIMA	20X2435	20X2420	20X2450
FLANGIA INF	1200X35	1200X40	1200X30

Figura 6.1: Sezioni tipo

Tenuto conto dell'elevata snellezza dell'anima e delle piattabande tutte le sezioni tipo delle travi principali sono state considerate, in sede di verifica, di classe 4, tenendo conto dell'assenza di irrigidimenti longitudinali.

6.1.1. Sezione tipo A

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	900x30 mm
Piattabanda inferiore	1200x35 mm
Anima	20x2435 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5550x300 mm
Raccordo	450x50 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 91 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 80 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 180 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	200x20 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.177E+5	2.39E+5	2.512E+5	2.198E+5	4.097E+5	1.351E+5
z _G (mm)	1094.535	1908.952	1947.445	1840.046	2238.505	1300.97
J _v (mm ⁴)	1.262E+11	2.809E+11	2.882E+11	2.677E+11	3.445E+11	1.652E+11
W _{v,0} (mm ³)	-1.153E+8	-1.471E+8	-1.48E+8	-1.455E+8	-1.539E+8	-1.269E+8
W _{v,1} (mm ³)	-1.191E+8	-1.499E+8	-1.507E+8	-1.483E+8	-1.563E+8	-1.305E+8
W _{v,3} (mm ³)	9.176E+7	5.006E+8	5.516E+8	4.25E+8	1.488E+9	1.413E+8
W _{v,4} (mm ³)	8.98E+7	4.752E+8	5.217E+8	4.056E+8	1.317E+9	1.377E+8
W _{v,5} (mm ³)	1E+300	4.382E+8	4.784E+8	3.771E+8	1.106E+9	1.322E+8
W _{v,6} (mm ³)	1E+300	3.895E+8	4.223E+8	3.389E+8	8.799E+8	1.243E+8
W _{v,7} (mm ³)	1E+300	3.304E+8	3.552E+8	2.913E+8	6.618E+8	1.133E+8
W _{v,8} (mm ³)	1E+300	2.985E+8	3.194E+8	2.651E+8	5.633E+8	1.066E+8
S _{v,1} (mm ³)	4.524E+7	7.944E+7	8.106E+7	7.655E+7	9.328E+7	5.391E+7
S _{v,2} (mm ³)	5.646E+7	1.146E+8	1.176E+8	1.091E+8	1.418E+8	6.993E+7
S _{v,3} (mm ³)	3.754E+7	1.114E+8	1.149E+8	1.052E+8	1.413E+8	5.627E+7
S _{v,4} (mm ³)	0E+00	9.586E+7	1.004E+8	8.775E+7	1.346E+8	2.43E+7
n _E	1E+300	16.031	14.343	19.655	6.065	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione e' riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	1.06E+7	2804.89	2850	2759.79
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.497E+7	2694.5	2758.21	2630.79
Strato di calcestruzzo inferiore	9.305E+6	2589.61	2629.21	2550
Strato di armatura superiore	3.411E+6	2759	2759.79	2758.21
Strato di armatura inferiore	3.411E+6	2630	2630.79	2629.21
Raccordo in cls	0E+00	2527.78	2550	2500
Flangia superiore della trave di acciaio	9.129E+6	2485	2500	2470
Anima della trave di acciaio	1.647E+7	1252.5	2470	35
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.42E+7	17.5	35	0
Compressione ultima per la sezione completa	-8.149E+7			
Trazione ultima per la sezione completa	4.662E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-6.502E+7			
Trazione ultima per la sezione senza anima	3.015E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	14.66 7	0.814	1	0
Flangia inferiore	16.85 7	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	121.75	0.814	0.553	-0.923	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	121.75	0.814	0	-0.105	1
Compressione semplice (N)	121.75	0.814	1	1	4

6.1.2. Sezione tipo B

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	900x40 mm
Piattabanda inferiore	1200x40 mm
Anima	20x2420 mm, Inclinazione: 0

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Soletta	5550x300 mm
Raccordo	450x50 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 91 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 80 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 180 mm, numero 20/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	200x20 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.324E+5	2.537E+5	2.659E+5	2.345E+5	4.244E+5	1.498E+5
Z _G (mm)	1138.52	1884.717	1922.196	1818.151	2212.601	1319.583
J _y (mm ⁴)	1.491E+11	3.041E+11	3.12E+11	2.902E+11	3.732E+11	1.864E+11
W _{y,0} (mm ³)	-1.309E+8	-1.614E+8	-1.623E+8	-1.596E+8	-1.687E+8	-1.413E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.357E+8	-1.649E+8	-1.657E+8	-1.632E+8	-1.718E+8	-1.457E+8
W _{y,3} (mm ³)	1.128E+8	5.286E+8	5.801E+8	4.521E+8	1.509E+9	1.635E+8
W _{y,4} (mm ³)	1.095E+8	4.943E+8	5.399E+8	4.256E+8	1.299E+9	1.579E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.571E+8	4.969E+8	3.965E+8	1.106E+9	1.515E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	4.081E+8	4.407E+8	3.575E+8	8.941E+8	1.423E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.478E+8	3.728E+8	3.084E+8	6.83E+8	1.295E+8
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	3.151E+8	3.362E+8	2.812E+8	5.855E+8	1.218E+8
S _{y,1} (mm ³)	5.369E+7	8.951E+7	9.131E+7	8.631E+7	1.052E+8	6.238E+7
S _{y,2} (mm ³)	6.576E+7	1.235E+8	1.267E+8	1.179E+8	1.524E+8	7.875E+7
S _{y,3} (mm ³)	4.829E+7	1.202E+8	1.238E+8	1.138E+8	1.518E+8	6.575E+7
S _{y,4} (mm ³)	-1.49E-8	9.88E+7	1.038E+8	8.998E+7	1.422E+8	2.397E+7
n _E	1E+300	16.031	14.343	19.655	6.065	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	Z _N (mm)	Z _{max} (mm)	Z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	1.06E+7	2804.89	2850	2759.79
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.497E+7	2694.5	2758.21	2630.79
Strato di calcestruzzo inferiore	9.305E+6	2589.61	2629.21	2550
Strato di armatura superiore	3.411E+6	2759	2759.79	2758.21
Strato di armatura inferiore	3.411E+6	2630	2630.79	2629.21
Raccordo in cls	0E+00	2527.78	2550	2500
Flangia superiore della trave di acciaio	1.217E+7	2480	2500	2460
Anima della trave di acciaio	1.636E+7	1250	2460	40
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.623E+7	20	40	0
Compressione ultima per la sezione completa		-8.646E+7		
Trazione ultima per la sezione completa		5.159E+7		
Compressione ultima per la sezione senza anima		-7.009E+7		
Trazione ultima per la sezione senza anima		3.522E+7		

Classificazione delle piattabande

	c/t	ε	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	11	0.814	1	0
Flangia inferiore	14.75	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ε	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	121	0.814	0.585	-0.891	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	121	0.814	0	-0.114	1
Compressione semplice (N)	121	0.814	1	1	4

6.1.3. Sezione tipo D

Caratteristiche generali

Dati principali

Altezza della sezione di acciaio	2500 mm
Piattabanda superiore	900x20 mm
Piattabanda inferiore	1200x30 mm
Anima	20x2450 mm, Inclinazione: 0
Soletta	5550x300 mm
Raccordo	450x50 mm (escluso nel calcolo delle proprietà geometriche)
Armatura superiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. estradosso-baricentro armatura 91 mm
Armatura inferiore	diametro 20 mm, passo 200 mm, dist. intradosso-baricentro armatura 80 mm
Pioli	diametro 19 mm, altezza 180 mm, numero 40/m

Irrigidenti verticali

Interasse	5000 mm
Tipo	R da un solo lato
Piatto 1	200x20 mm
Piatto 2	---

Caratteristiche geometriche lorde

	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3	Fessurata
A (mm ²)	1.03E+5	2.243E+5	2.365E+5	2.051E+5	3.95E+5	1.204E+5
z _G (mm)	1037.427	1936.103	1975.585	1864.794	2266.189	1277.326
J _v (mm ⁴)	1.024E+11	2.571E+11	2.64E+11	2.448E+11	3.15E+11	1.435E+11
W _{y,0} (mm ³)	-9.875E+7	-1.328E+8	-1.336E+8	-1.313E+8	-1.39E+8	-1.123E+8
W _{y,1} (mm ³)	-1.017E+8	-1.349E+8	-1.357E+8	-1.334E+8	-1.408E+8	-1.15E+8
W _{y,3} (mm ³)	7.102E+7	4.727E+8	5.233E+8	3.978E+8	1.473E+9	1.193E+8
W _{y,4} (mm ³)	7.004E+7	4.56E+8	5.034E+8	3.853E+8	1.347E+9	1.173E+8
W _{y,5} (mm ³)	1E+300	4.188E+8	4.596E+8	3.572E+8	1.11E+9	1.127E+8
W _{y,6} (mm ³)	1E+300	3.705E+8	4.034E+8	3.199E+8	8.657E+8	1.061E+8
W _{y,7} (mm ³)	1E+300	3.125E+8	3.37E+8	2.737E+8	6.391E+8	9.683E+7
W _{y,8} (mm ³)	1E+300	2.813E+8	3.019E+8	2.484E+8	5.395E+8	9.122E+7
S _{y,1} (mm ³)	3.681E+7	6.916E+7	7.058E+7	6.659E+7	8.104E+7	4.544E+7
S _{y,2} (mm ³)	4.696E+7	1.055E+8	1.084E+8	1.003E+8	1.31E+8	6.1E+7
S _{y,3} (mm ³)	2.615E+7	1.025E+8	1.059E+8	9.647E+7	1.306E+8	4.654E+7
S _{y,4} (mm ³)	7.451E-9	9.256E+7	9.663E+7	8.522E+7	1.266E+8	2.471E+7
n _E	1E+300	16.031	14.343	19.655	6.065	1E+300

Pre-classificazione

La preclassificazione è riferita alla sezione composta in Fase 3

Caratteristiche plastiche dei singoli componenti

Componenti	N _{pl} (N)	z _N (mm)	z _{max} (mm)	z _{min} (mm)
Strato di calcestruzzo superiore	1.06E+7	2804.89	2850	2759.79
Strato di calcestruzzo intermedio alle armature	1.497E+7	2694.5	2758.21	2630.79
Strato di calcestruzzo inferiore	9.305E+6	2589.61	2629.21	2550
Strato di armatura superiore	3.411E+6	2759	2759.79	2758.21
Strato di armatura inferiore	3.411E+6	2630	2630.79	2629.21
Raccordo in cls	0E+00	2527.78	2550	2500
Flangia superiore della trave di acciaio	6.086E+6	2490	2500	2480
Anima della trave di acciaio	1.657E+7	1255	2480	30
Flangia inferiore della trave di acciaio	1.217E+7	15	30	0
Compressione ultima per la sezione completa	-7.652E+7			
Trazione ultima per la sezione completa	4.165E+7			
Compressione ultima per la sezione senza anima	-5.995E+7			
Trazione ultima per la sezione senza anima	2.508E+7			

Classificazione delle piattabande

	c/t	ϵ	Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)
Flangia superiore	22	0.814	1	0
Flangia inferiore	19.66 7	0.814	4	1

Classificazione dell'anima

	c/t	ϵ	α	ψ	classe
Flessione semplice con fibre tese superiori (M+)	122.5	0.814	0.522	-0.964	4
Flessione semplice con fibre tese inferiori (M-)	122.5	0.814	0	-0.096	1
Compressione semplice (N)	122.5	0.814	1	1	4

6.2. Trasversi

6.2.1. Trasversi correnti

I trasversi correnti presentano sezione doppio T normalizzata HEA 600. In presenza di sollecitazione di compressione (con o senza flessione) la sezione rientra in classe 4 ed ha le seguenti caratteristiche (riferite alla sezione efficace in compressione semplice):

Atot =	22'013.86	mm ²	(area dell'intera sezione)
Avz =	9'320.78	mm ²	(area sezione a taglio in direzione z)
Avy =	15'625.78	mm ²	(area sezione a taglio in direzione y)
Az =	9'320.78	mm ²	(area della parete della sezione // z)
Ay =	7'812.89	mm ²	(area della piattabanda, ovvero dell'ala // y)
Wy,el,sup =	4'786.29	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wy,el,inf =	4'786.29	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wy,el =	4'786.29	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Wz,el,sx =	751.36	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wz,el,dx =	751.36	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wz,el =	751.36	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Iy =	141'195.59	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse y)
iy =	24.97	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse y)
Iz =	11'271.31	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse z)
iz =	7.05	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse z)
Imin =	11'271.31	cm ⁴	(momento d'inerzia minimo)
imin =	7.05	cm	(raggio d'inerzia minimo)
It =	350.97	cm ⁴	(momento d'inerzia torsionale)

Tabella 6.1: Caratteristiche geometriche efficaci dei trasversi correnti HEA 600

6.2.2. Trasversi in appoggio

I trasversi in appoggio presentano sezione doppio T normalizzata HEA 1000.

H =	990.00	mm
B =	300.00	mm
tf =	31.00	mm
tw =	16.50	mm

Tabella 6.2:

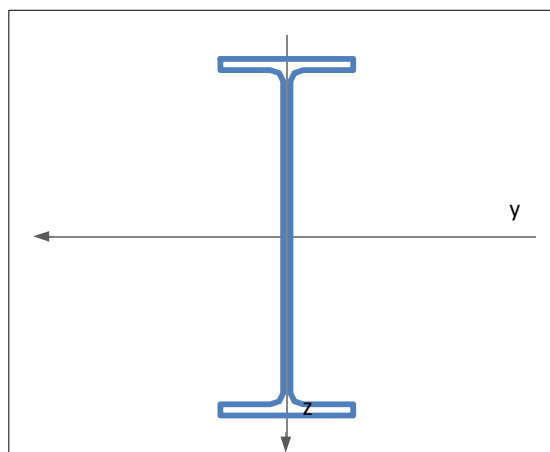


Figura 6.2: Geometria trasversi in appoggio

In presenza di sollecitazione di compressione (con o senza flessione) la sezione rientra in classe 4 ed ha le seguenti caratteristiche (riferite alla sezione efficace in compressione semplice):

Atot =	30'512.58	mm ²	(area dell'intera sezione)
Avz =	18'456.07	mm ²	(area sezione a taglio in direzione z)
Avy =	19'372.57	mm ²	(area sezione a taglio in direzione y)
Az =	18'456.07	mm ²	(area della parete della sezione // z)
Ay =	9'686.28	mm ²	(area della piattabanda, ovvero dell'ala // y)
Wy,el,sup =	11'143.91	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wy,el,inf =	11'143.91	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wy,el =	11'143.91	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Wz,el,sx =	933.00	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia sup)
Wz,el,dx =	933.00	cm ³	(modulo di resistenza elastico flangia inf)
Wz,el =	933.00	cm ³	(modulo di resistenza elastico)
Iy =	551'623.32	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse y)
iy =	39.96	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse y)
Iz =	14'004.44	cm ⁴	(momento d'inerzia rispetto asse z)
iz =	6.35	cm	(raggio d'inerzia rispetto asse z)
Imin =	14'004.44	cm ⁴	(momento d'inerzia minimo)
imin =	6.35	cm	(raggio d'inerzia minimo)
It =	715.02	cm ⁴	(momento d'inerzia torsionale)

Tabella 6.3: Caratteristiche geometriche efficaci dei trasversi di pila/spalla HEA 1000

7. DEFINIZIONE DELLE LARGHEZZE COLLABORANTI

La larghezza efficace della soletta collaborante è stata calcolata secondo il punto 4.3.2.3 della NTC 08 [IV] e punto 5.4.1.2 di [XV]. Nella tabella seguente si riportano i valori delle larghezze efficaci in funzione delle ascisse notevoli (NB. si riferisce al modello di calcolo assunto, che ha una luce di 50 m).

X (m)	b1* (mm)	b2* (mm)	b0 (mm)	Tipo	beff (mm)	Le (m)	be1 (mm)	be2 (mm)	beta1
0	3'000	2'550	450	0	5'550	50.00	2'775	2'325	1.000
12.5	3'000	2'550	450	1	5'550	50.00	2'775	2'325	1.000
37.5	3'000	2'550	450	1	5'550	50.00	2'775	2'325	1.000
50	3'000	2'550	450	0	5'550	50.00	2'775	2'325	1.000

Tabella 7.1: Riepilogo delle larghezze efficaci beff

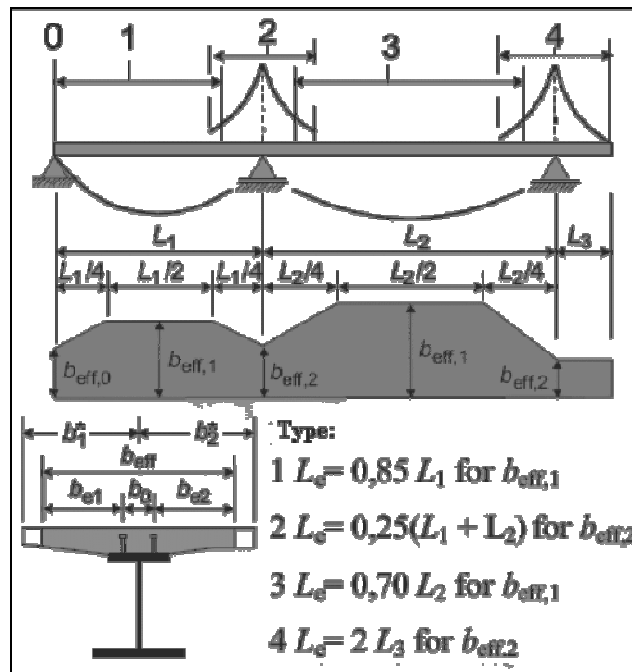


Figura 7.1: Schema di modellazione delle larghezze collaboranti

8. ANALISI DEI CARICHI

Le azioni prese in considerazione ai fini delle verifiche dell'impalcato in acciaio-calcestruzzo sono:

G1a	<i>Peso proprio impalcato metallico (travi principali e strutture di controvento)</i>
G1b	<i>Peso proprio della soletta di calcestruzzo armato (gettata in opera) e delle predalles</i>
G2	<i>Sovraccarichi permanenti (peso marciapiedi, pavimentazione, barriere, finiture, impianti, etc.)</i>
εsh+cr	<i>Effetto di ritiro e viscosità a lungo termine</i>
δi, i = 1,2...	<i>Cedimenti differenziali delle pile</i>
ΔT+	<i>Variazione termica differenziale positiva (T soletta > T acciaio)</i>
ΔT-	<i>Variazione termica differenziale negativa (T soletta < T acciaio)</i>
w	<i>Azione trasversale del vento su impalcato in esercizio (carico)</i>
TS	<i>Azione equivalente al traffico stradale - modello di carico 1 - assi di carico</i>
UDL	<i>Azione equivalente al traffico stradale - modello di carico 1 - carico distribuito</i>
LM5	<i>Azione equivalente all'azione della folla su marciapiedi praticabili</i>
LMF3	<i>Azione da traffico stradale - modello di carico 3 equivalente per analisi fatica</i>
Ek	<i>Azione sismica</i>

Tabella 8.1: Elenco delle azioni agenti

8.1. Peso proprio delle strutture metalliche

Il peso proprio delle travi metalliche è valutato in automatico dal software di analisi.

8.2. Peso proprio della soletta

Il peso proprio della soletta di calcestruzzo è pari a $25 \times 0.30 = 7.50 \text{ kN/m}^2$

8.3. Spinta statica delle terre

In considerazione del fatto che le spalle presentano fondazioni profonde, la spinta statica è stata valutata come spinta a riposo (K_0), assumendo come parametri fisico/meccanici del rilevato i seguenti valori:

peso di volume	γ	18.00 kN/m^3
angolo di attrito efficace	φ	33.00 °

Per tener conto dei carichi variabili a monte del rilevato è stato assunto, in sostituzione del modello di carico LM1 (cfr. § 8.7.1 successivo) un carico uniformemente distribuiti di 20 kN/m^2 .

8.4. Sovraccarichi permanenti

Pavimentazione: 23.00×0.11	2.53 kN/m^2
Marciapiedi: 25.00×0.15	3.75 kN/m^2

Barriere di sicurezza (su entrambi i lati)	2.00 kN/m
Velette (su entrambi i lati)	7.20 kN/m
Collettori di drenaggio (su ambo i lati)	2.00 kN/m

8.5. Cedimenti differenziali

Non presi in considerazione trattandosi di schema isostatico.

8.6. Ritiro della soletta

Gli effetti del ritiro sono valutati automaticamente dal software che ne scompone gli effetti in:

- una componente isostatica
- una componente iperstatica

La prima componente è, a sua volta, separata in un effetto locale - o sezionale - ed un effetto globale, quest'ultimo essendo corrispondente ad una distorsione distribuita lungo tutto lo sviluppo dell'impalcato (eccezione fatta per le zone fessurate a cavallo degli appoggi intermedi) e valutata dal software in funzione della sezione tipo localmente presente.

8.7. Azioni variabili

8.7.1. Carichi viaggianti da traffico

Ai fini della determinazione delle azioni variabili da traffico, l'opera in oggetto è considerata come un ponte stradale di 1° Categoria.

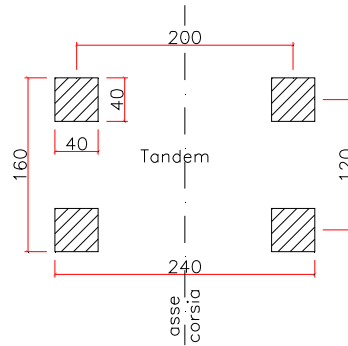
In relazione alla geometria della strada, a cui l'opera in esame è funzionale, si riportano le caratteristiche delle corsie convenzionali definite secondo il §5.1.3.3.2. di [IV]

$w =$	9.75 m	larghezza di carreggiata (corsie + banchine);
$n_l =$	3	numero di corsie convenzionali;
$w_l =$	3.0 m	larghezza di una corsia convenzionale;
$w - (3.0 \cdot n_l) =$	0.75 m	parte rimanente.

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite mediante lo schema di carico 1 (Load model 1, LM1) che prevede:

- il carico $Q_{1,k}$ costituito da un mezzo convenzionale a due assi (carico tandem, TS) posti ad un interasse di 1.20m lungo il senso di marcia e caratterizzati da una larghezza di 2.40m (comprese le dimensioni delle impronte);
- il carico ripartito $q_{1,k}$ (UDL)

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo



F 1. Schema di carico 1(LM) – Carico tandem (TS)

Trattandosi di ponte di 1° Categoria si considerano le intensità dei carichi riportate nella tabella seguente.

Posizione	Carico asse Q_{ik} (kN)	Carico ripartito q_{ik} (kN/m ²)
Corsia n. 1	300	9.00
Corsia n. 2	200	2.50
Corsia n. 3	100	2.50
Parte rimanente	0.00	2.50

Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie (Tabella 5.1.II [IV])

Il carico variabile da traffico è multi-componente e si caratterizza come gruppo di carico (cfr. tabella sotto) ossia può presentarsi sotto forma di azione GR. 1a, GR 1b, e così via. Ciascuna componente dei ciascun gruppo è costituita da uno schema di carico, eventualmente ridotto da un coefficiente di partecipazione, più altre azioni variabili legate al traffico stradale (frenatura/accelerazione, az. centrifuga).

	GRUPPI DI AZIONI DA TRAFFICO							
	GR.1a	GR.1b	GR.1c	GR.1d	GR.2a	GR.2b	GR.3	GR.4
LM1 - carreggiata	1.00	-	-	-	ψ_w	ψ_w	-	-
LM2 - carreggiata	-	1.00	-	-	-	-	-	-
LM3 - marciapiedi sommont.	-	-	1.00	-	-	-	-	-
LM4 - marciapiedi protetti	-	-	-	1.00	-	-	-	-
LM5 - marciapiedi e piste ccl.	ψ_w	-	-	-	-	-	1.00	1.00
LM5 - carreggiata	-	-	-	-	-	-	-	1.00
q3 - frenatura	-	-	-	-	1.00	-	-	-
q4 - forza centrifuga	-	-	-	-	-	1.00	-	-

Figura 8.1: Gruppi di carico da traffico per ponti stradali

Nel caso del ponte in esame si è fatto riferimento ai gruppi 1a e 2a.

8.7.2. Carichi variabili da traffico pesante per analisi della fatica

Ai fini delle verifiche a fatica - secondo il criterio del danneggiamento - si adotta il metodo semplificato basato sul modello di carico LMF 3 (figura sotto) e sui fattori equivalenti di danno λ_i .

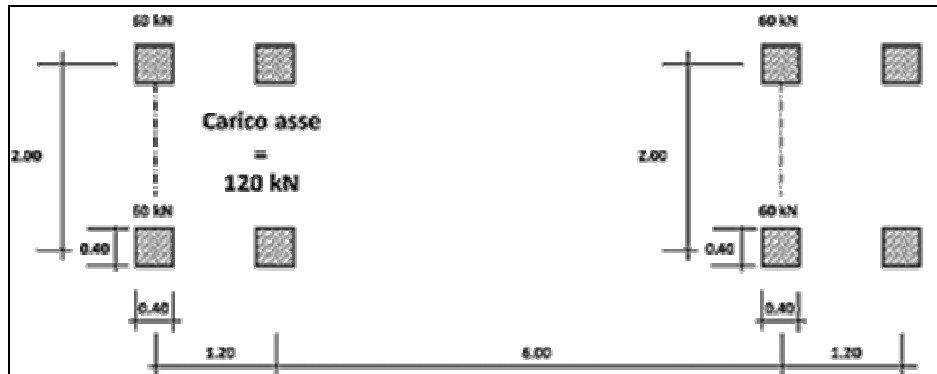


Figura 8.2: Modello di carico a fatica LMF 3

Le ipotesi di base sono: una vita utile di progetto a fatica pari a 100 anni ed un flusso annuo non superiore a 2×10^6 di veicoli con peso $P > 100$ kN (strade ed autostrade con 2 o più corsie per senso di marcia, caratterizzate da intenso traffico pesante).

8.7.3. Variazione termiche

Ai fini delle verifiche dell'impalcato sono state prese in considerazione due azioni termiche differenziali. Indicando con T_s la temperatura all'estradosso soletta e con T_b la temperatura all'intradosso delle travi metalliche, le azioni termiche considerate sono:

$$\Delta T_+ = T_s - T_b = 15^\circ\text{C} \text{ (variazione termica differenziale positiva)}$$

$$\Delta T_- = T_s - T_b = -18^\circ\text{C} \text{ (variazione termica differenziale negativa)}$$

8.7.4. Vento

Per la valutazione del carico del vento sull'impalcato si considera un'altezza velica di 3 m oltre il piano stradale (vento a ponte carico) ed una pressione $p = 2.50$ kN/m². Tale azione si traduce in un carico distribuito differenziale verticale, funzione del braccio della risultante orizzontale agente rispetto al baricentro della sezione composta, nonché dell'interasse delle travi.

8.7.5. Frenatura

La forza di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} W_{1-} \leq 900 \text{ kN}$$

Tale azione, non dimensionante ai fini delle verifiche dell'impalcato, è presa in conto nelle verifiche delle sottostrutture, delle fondazioni e degli apparecchi di appoggio.

8.7.6. Azione centrifuga

L'azione centrifuga è stata valutata secondo la tabella seguente. Essa è applicata alla quota della pavimentazione.

Raggio di curvatura [m]	Q_c [kN]
$R < 200$	$0,2 \cdot Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 \cdot Q_v / R$
$1500 \leq R$	0

Tabella 8.2

8.7.7. Azione sismica

L'azione sismica verticale è presente nella combinazione sismica, la quale esclude (in base ai fattori di combinazione previsti) i carichi da traffico. Pertanto non è stata presa in considerazione ai fini delle verifiche dell'impalcato bensì nel dimensionamento delle sottostrutture, fondazioni e collegamenti tra impalcato e sottostrutture, cioè baggioli, apparecchi d'appoggio e giunti di dilatazione. L'effetto dinamico del terreno a tergo delle spalle è stato tenuto in conto sia attraverso l'inerzia dovuta al peso proprio, sia attraverso l'incremento dinamico di spinta secondo la teoria di Wood.

Per gli altri dettagli si rimanda al cap. 4.

8.7.8. Carico di costruzione

Durante le fasi di getto della soletta sulle predalles si assume agente un carico aggiuntivo comprensivo sia degli effetti dinamici che della presenza degli addetti alle fasi di getto. Tale carico è assunto pari a $\Delta q = 1 \text{ kN/m}^2$.

8.8. Azioni eccezionali

8.8.1. Urto dei veicoli in svio

Si rimanda alla verifica dell'armatura trasversale di soletta (§ 12.2).

9. COMBINAZIONI DI CARICO

9.1. Combinazioni di carico SLU/SLE adottate ai fini delle verifiche dell'impalcato

A seguire si riporta un riepilogo dei coefficienti di combinazione, valutati in accordo con quanto riportata al §. 2.5.3 e al 5.1.3.12 della normativa adottata [IV].

COMBINAZIONI DI PROGETTO PER LE FASI PROVVISORIE (VARO E GETTO SOLETTA)												
	G1a		Δq									
SLU	1.35		1.35									
COMBINAZIONI DI PROGETTO IN ESERCIZIO												
	FASE 1		FASE 2a	FASE 2b		FASE 3°	FASE 3b				FATICA	
	G1a	G1b	G2	εsh+cr	δi, i = 1,2...	ΔT±	w	TS	UDL	LM5	LMF3	
SLU	1 / 1.35	1 / 1.35	1 / 1.35	1.20	0 / 1.20	0 / 0.72	0 / 0.90	0 / 1.35	0 / 1.35	0		
SLE R	1.00	1.00	1.00	1.00	0 / 1.00	0 / 0.60	0 / 0.60	0 / 1.00	0 / 1.00	0		
SLE F	1.00	1.00	1.00			0 / 0.50		0 / 0.75	0 / 0.40	0		
SLF											0 / 1.00	

9.2. Combinazioni di carico sismiche

Nella tabella a seguire sono dettagliati i coefficienti di combinazione adottati ai fini delle verifiche delle sottostrutture (con relative fondazioni), degli appoggi, baggioli e dei giunti, in aggiunta alle combinazioni espresse al precedente § 9.1.

		C. SISMICHE		
		1	2	3
G1	pei propri ⁽¹⁾	1.00	1.00	1.00
G2	permanenti portati	1.00	1.00	1.00
Ek,L	sisma long. ⁽²⁾	± 1.00	± 0.30	± 0.30
Ek,L	sisma trasv.	± 0.30	± 1.00	± 0.30
Ek,L	sisma vert.	± 0.30	± 0.30	± 1.00
⁽¹⁾ comprensivi delle spinte statiche del terreno				
⁽²⁾ comprensivo della spinta dinamica del terreno				

10. MODELLI DI CALCOLO

10.1. Modellazione globale sismica

Per l'analisi sismica del viadotto si utilizza un modello di calcolo ad elementi finiti utilizzando il codice *CSiBridge ver. 15.1.1*.

Tale modello utilizza elementi "beam" a 2 nodi per modellare il funzionamento delle sottostrutture (composto da un graticcio di elementi longitudinali che simulano le travi e trasversali che simulano la soletta).

Il sistema di vincolo dell'impalcato prevede l'utilizzo di elementi elastici lineari "link" che simulano il funzionamento degli isolatori in elastomero armato, disposti in corrispondenza degli appoggi dell'impalcato e sulle spalle, come rappresentato negli elaborati grafici relativi agli apparecchi di appoggio.

10.2. Modellazione delle travi principali composte acciaio-calcestruzzo

Trattandosi di un sistema misto, le azioni agenti vengono suddivise in tre fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di calcestruzzo e quindi ai diversi livelli di rigidità e caratteristiche statiche delle sezioni resistenti, costituite in generale dalla trave principale metallica e dalla parte di soletta c.a. collaborante..

- Fase 1: considera il peso proprio della struttura metallica, delle lastre prefabbricate e del getto della soletta che, in questa fase, non è ancora reagente. La sezione resistente corrisponde alla sola parte metallica.
- Fase 2a, 2b: tiene in conto il peso dei successivi carichi permanenti applicati alla struttura (pavimentazione, marciapiedi, barriere di sicurezza, etc.) nonché i fenomeni legati a ritiro della soletta e i cedimenti differenziali. Tale fase fa riferimento ad una sezione resistente mista acciaio-calcestruzzo che, per tenere in considerazione i fenomeni lenti imputabili alla viscosità del calcestruzzo, viene modellata adottando valori del modulo elastico del calcestruzzo corrispondente a quello indicato dalla normativa (§ 5.4.2.2 di [XV]).
- Fase 3: corrisponde al transito dei carichi mobili e a tutte le altre azioni "istantanee": vento, variazioni termiche differenziali positive/negative. Le sollecitazioni sono assegnate ad una sezione resistente acciaio-calcestruzzo omogeneizzata a breve termine (tempo 0).

Si riporta a seguire il riepilogo delle caratteristiche reologiche del calcestruzzo della soletta nonché i coefficienti di omogeneizzazione scelti.

Caratteristiche del cls a tempo zero

Resistenza a compressione caratteristica, f_{ck} (N/mm ²)	37.35
Resistenza a compressione media, $f_{cm} = f_{ck} + 8$ (N/mm ²)	45.35
Modulo elastico secante, $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$ k (N/mm ²)	34'625.49
Coefficiente di correzione, k	1.00
Tipo di aggregati presenti nell'impasto	Quarziti
Classe del cemento	N

Coefficienti di omogeneizzazione

Moduli elastici Longitudinali		Moduli elastici Tangenziali	
nE a tempo 0	6.065	nG a tempo 0	5.598
nE(t,t ₀) - Permanenti	16.031	nG(t,t ₀) - Permanenti	14.798
nE(t,t ₀) - Ritiro	14.343	nG(t,t ₀) - Ritiro	13.239
nE(t,t ₀) - Def. imposte	19.655	nG(t,t ₀) - Def. imposte	18.143

Tempo e ambiente

Eta' del calcestruzzo in giorni all'inizio del ritiro per essiccamento, t_s	2
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione dei carichi permanenti, t_0	30
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del ritiro, t_0	2
Eta' del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte, t_0	30
Eta' del calcestruzzo in giorni, t	36'500
Dimensione fittizia dell'elemento di cls, $h_0 = 2A_c/u$ (mm)	288
Sezione dell'elemento, A_c (mm ²)	3'800'000.00
Perimetro a contatto con l'atmosfera, u (mm)	26'400.00
Umidita' relativa percentuale, RH (%)	75

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0)$ e modulo elastico E_{cm} al tempo "t"

Coefficiente di viscosita' $\varphi(t,t_0) = \varphi_0 \beta_c(t,t_0) =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.494
al momento dell'applicazione del ritiro	2.482
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.494
Coefficiente nominale di viscosita', $\varphi_0 = \varphi_{RH} \beta_c(f_{cm}) \beta_c(t_0) =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.503
al momento dell'applicazione del ritiro	2.496
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.503
Coefficiente per l'evoluzione della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t_0) = 1/(0.1+t_0^{0.20})$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.482
al momento dell'applicazione del ritiro	0.801
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.482
Eta' del calcestruzzo corretta in funzione della tipologia di cemento, $t_0 = t_0 [9/(2+t_0^{1.2})+1]^\alpha >=0.5$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	30.00
al momento dell'applicazione del ritiro	2.00
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	30.00
Coefficiente per la variabilita' della viscosita' nel tempo, $\beta_c(t,t_0) = [(t-t_0)/(\beta_H+t-t_0)]^{0.30}$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	0.994
al momento dell'applicazione del ritiro	0.994
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	0.994
Modulo elastico al tempo "t", $E_{cm}(t,t_0) = E_{cm}/[1+\psi^*\varphi(t,t_0)]$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	13'100
al momento dell'applicazione del ritiro	14'642
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	10'684
$\psi =$ al momento dell'applicazione dei carichi permanenti	1.100
al momento dell'applicazione del ritiro	0.550
al momento dell'applicazione delle deformazioni imposte	1.500
Altri dati:	
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\varphi_{RH} = 1 + [(1-RH/100)/(0.1h_0^{1/3})\alpha_1] \alpha_2$	1.249
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0.7}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_1 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.834
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0.2}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_2 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.950
Coefficiente per la resistenza del cls, $\beta_c(f_{cm}) = 16.8/f_{cm}^{0.5}$	2.495
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha =$	0
Coefficiente che tiene conto dell'umidita', $\beta_H = 1.5 [1+(0.012 RH)^{18}] h_0 + 250$ $\alpha_3 \leq 1500$ α_3	716
Coefficiente per la resistenza del cls, $\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0.5}$ per $f_{cm} > 35$ Mpa oppure $\alpha_3 = 1$ per $f_{cm} \leq 35$ Mpa	0.879

Deformazione di ritiro $\epsilon_s(t,t_0)$

$$\epsilon_s(t,t_0) = \epsilon_{cd}(t) + \epsilon_{ca}(t) = 0.000290$$

Dove:

Deformazione dovuta al ritiro per essiccamento, $\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) k_h \epsilon_{cd,0} =$	0.000221
Coeff. per la variabilita' della deformazione nel tempo, $\beta_{ds}(t, t_s) = (t-t_s)/[(t-t_s)+0.04(h_0^3)^{0.5}] =$	0.995
Parametro che dipende da h_0 (vedi prospetto seguente), $k_h =$	0.76
Deformazione di base, $\epsilon_{cd,0} = 0.85 [(220+110\alpha_{ds1}) * \exp(-\alpha_{ds2} * f_{cm}/f_{cm0})] 10^{-6} \beta_{RH} =$	0.000292
$\beta_{RH} = 1.55 [1-(RH/RH0)^3] =$	0.896
$f_{cm0} =$	10 Mpa
$RH0 =$	100%
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha_{ds1} =$	4
Coefficiente per il tipo di cemento, $\alpha_{ds2} =$	0.12
Deformazione dovuta al ritiro autogeno, $\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca00} =$	0.0000684
$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) =$	1.00
$\epsilon_{ca00} = 2.5(f_{ck} - 10) 10^{-6} =$	0.0000684

Valori di k_h

h_0	k_h
100	1.00
200	0.85
300	0.75
>=500	0.70

10.3. Geometria dei concii

A seguire si riporta un riepilogo delle caratteristiche geometriche delle sezioni delle travi principali, in funzione dell'ascissa x parallela all'asse stradale. La tabella seguente riepiloga le caratteristiche geometriche di tutte le sezioni trasversali prese in esame. Il significato dei simboli impiegati è:

X = ascissa della sezione

h_s = altezza delle travi (metalliche)

b_{sup} = larghezza della flangia superiore delle travi

t_{sup} = spessore della flangia superiore delle travi

h_w = altezza dell'anima delle travi

t_w = spessore dell'anima delle travi

b_{inf} = larghezza della flangia inferiore delle travi

t_{inf} = spessore della flangia inferiore delle travi

t_{cls} = spessore della soletta collaborante in cls

h_{cop} = spessore coppelle (predalles)

b_{eff} = larghezza efficace (collaborante) della soletta

$\varnothing s'$ = diametro armatura longitudinale superiore

s_{sup} = passo armatura longitudinale superiore

c_{sup} = copriferro di calcolo armatura longitudinale superiore

$\varnothing s$ = diametro armatura longitudinale inferiore

s_{inf} = passo armatura longitudinale inferiore

c inf = copriferro di calcolo armatura longitudinale inferiore

d pioli = diametro pioli (gambo)

h pioli = altezza pioli

n pioli = numero di pioli su un metro lineare di piattabanda

X (m)	hs (mm)	bsup (mm)	tsup (mm)	hw (mm)	tw (mm)	binf (mm)	tinf (mm)	tcls (mm)	hcop (mm)	beff (mm)	Øs'	s sup (mm)	c sup (mm)	Øs	s inf (mm)	c inf (mm)	d pioli (mm)	h pioli (mm)	n pioli (/m)
0.0	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
2.5	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
2.5	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
5.0	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
5.0	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
7.5	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
7.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
10.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
10.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
12.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
12.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
15.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
15.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
17.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
17.5	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
20.0	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
20.0	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
22.5	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
22.5	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
25.0	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
25.0	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
27.5	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
27.5	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
30.0	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
30.0	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
32.5	2'500	900	40	2'420	20	1200	40	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
32.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
35.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
35.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
37.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
37.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
40.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
40.0	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
42.5	2'500	900	30	2'435	20	1200	35	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	20
42.5	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
45.0	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
45.0	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
47.5	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
47.5	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40
50.0	2'500	900	20	2'450	20	1200	30	300	50	5'550	20	200	91	20	200	80	19	180	40

10.4. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DEI CODICI DI CALCOLO

In accordo col cap. 10 della norma [IV] si riportano di seguito le considerazioni e valutazioni relativamente ai risultati dell'analisi e ai codici di calcolo adottati.

10.4.1. Origine e caratteristiche dei software di calcolo

L'analisi dei modelli di calcolo è stata condotta attraverso il software agli elementi finiti LUSAS Bridge v. 15 della casa software Lusas. La sovrapposizione dei risultati dei modelli e le verifiche di resistenza, tensionale, di stabilità, fessurazione e fatica sono state condotte per mezzo del software Ponti EC4 sviluppato dalla società Alhambra srl di Terni.

10.4.2. Affidabilità dei codici utilizzati

La versione di LUSAS Bridge adottata per gli scopi di questa progettazione consente di eseguire analisi di elementi finiti in campo lineare statico e dinamico, utilizzando una modellazione a grigliato con elementi beam (monodimensionali) aventi leggi costitutive lineari. Il software permette di definire i carichi da traffico in accordo con le norme [IV] e [VIII], consentendo di movimentare, lungo le corsie convenzionali, le azioni concentrate e distribuite che simulano il passaggio dei veicoli, valutando per ogni sezione dell'impalcato gli effetti massimi e quelli concomitanti (in termini di sollecitazioni).

Il software in parola permette, inoltre, un'analisi strutturale per fasi – necessaria per eseguire correttamente il progetto di questa tipologia di impalcati – cioè è in grado di analizzare ed estrarre i risultati di differenti modelli aventi in comune la geometria (posizione e dimensioni degli elementi f.e.m.), ed i vincoli.

Dopo aver esaminato la documentazione a corredo del software e quella reperibile sul sito web (www.lusas.com) si ritiene, per le particolari funzioni implementate (in particolare la possibilità di interfacciarsi col software post-processore PontiEC4), che il LUSAS sia affidabile ed idoneo alla progettazione in oggetto.

Il software PontiEC4, pre / post-processore e verificatore specifico per ponti misti acciaio-calcestruzzo, è in grado di definire, in fase di pre-processing, le sezioni degli elementi beam da usare nel modello LUSAS in funzione delle diverse fasi (1, 2a, 2b, 3a, 3b) contemplate nell'analisi / verifica del ponte a sezione composta. In fase di post-processing, il software estrae e sovrappone i risultati dell'analisi dei diversi modelli ed esegue le verifiche previste (cfr. §.11.2)

Anche per il software di verifica PontiEC4 valgono le stesse considerazioni e giudizio di idoneità e affidabilità espressi per il Lusas, anche in considerazione di tutta la documentazione e degli esempi svolti reperibili sul sito www.lusas.it

11. CRITERI DI VERIFICA

11.1. Premessa

L'analisi delle azioni agenti e le verifiche vengono eseguite sulla base di una suddivisione del comportamento dell'impalcato in tre macro-fasi, corrispondenti al grado di maturazione del getto di calcestruzzo e, quindi, ai diversi livelli di rigidezza e caratteristiche statiche delle sezioni (cfr. § 10.2). Il prospetto successivo riepiloga le fasi ed i modelli considerati ai fini delle verifiche globali dell'impalcato.

	Struttura resistente	Azioni agenti	
sovrapposizione	FASE 1	Impalcato metallico	Peso acciaio + soletta cls
	FASE 2a	Impalcato acc-cls	Sovracc. permanenti
	FASE 2b	Impalcato acc-cls	Ritiro e cedimenti differ.
	FASE 3a	Impalcato acc-cls	Azione termica
	FASE 3b	Impalcato acc-cls	Carichi traffico stradale + vento (in eserc.)
	FATICA	Impalcato acc-cls	Carichi traffico stradale - modelli di carico a fatica

Tabella 11.1: Fasi e modelli considerati

11.2. Verifiche considerate

Il quadro normativo di cui al § 3 prevede le verifiche sotto riportate.

11.2.1. Verifiche agli SLU

Agli Stati Limite Ultimi sono condotte le verifiche:

- di resistenza globale della sezione composta (stato limite elastico) con riferimento alle tensioni normali e tangenziali sugli elementi della trave metallica e sulle fibre della soletta c.a, tenendo conto delle instabilità locali per compressione e taglio di anima e piattabande (sez. di classe 4 con irrigidimenti longitudinali, dove presenti, e trasversali) e delle armature longitudinali presenti nella larghezza collaborante, nonché della fessurazione
- di resistenza della connessione tra travi e soletta, con riferimento alle caratteristiche resistenti dei connettori, delle armature e del calcestruzzo
- di resistenza e stabilità degli irrigidimenti (longitudinali e trasversali)

11.2.2. Verifiche agli SLE

Agli Stati Limite di Esercizio sono condotte le verifiche:

- tensionali della sezione composta (SLE R)

e) di resistenza della connessione (SLE R)

f) di fessurazione (SLE R e SLE F)

g) di web-breathing - limitazione dello sfogo dell'anima (SLE F).

Le verifiche alle tensioni in esercizio SLE QP per il calcestruzzo (0.45 fck), come previsto dalla norma [IV] e dalla Sezione 7 di [XV], sono implicitamente soddisfatte dalle verifiche alle tensioni SLE R (0.6 fck) perché il contributo dei carichi variabili è superiore a quello dei carichi permanenti portati. Pertanto le tensioni di compressione sul calcestruzzo della soletta in combinazione SLE Rara sono almeno pari al doppio di quelle che si hanno in combinazione quasi permanente, e quindi la verifica condotta sulle tensioni del calcestruzzo in combinazione rara rispetto al limite 0.6 fck include automaticamente la verifica in combinazione quasi permanente rispetto al limite 0.45 fck.

11.2.3. Verifiche allo SLF

Allo Stato Limite di Fatica sono condotte le verifiche:

h) delle flange e delle anime delle travi metalliche

i) della connessione (pioli)

j) dei giunti saldati a completa penetrazione longitudinali, ossia di composizione delle sezioni (flangia-anima, anima-irrigidimento longitudinali, qualora presenti) e trasversali, cioè tra omologhi elementi di segmenti di trave consecutivi (flangia con flangia oppure anima con anima).

12. ANALISI E VERIFICHE DELLA SOLETTA

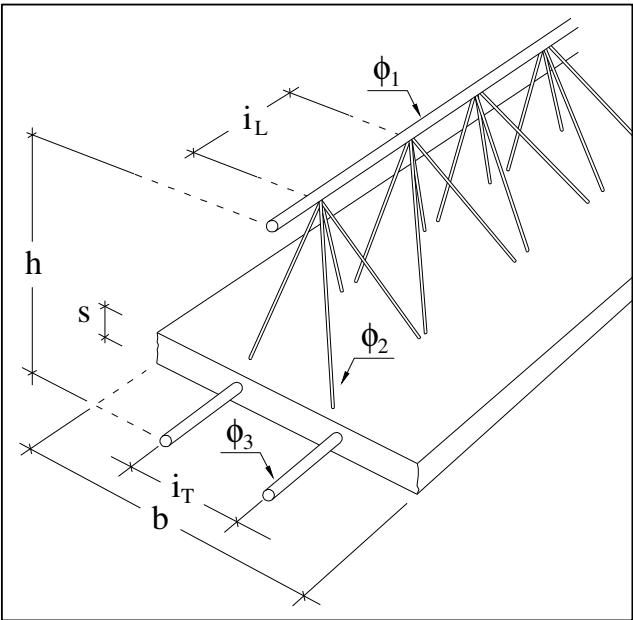
12.1. Fase di getto – verifica predalle

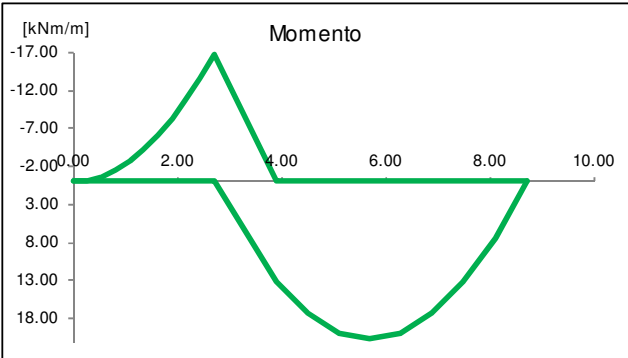
MATERIALI			
Calcestruzzo		Acciaio d'armatura	
Rck	50 N/mm ²	f _{yk}	450.00 N/mm ²
f _{ck}	41.50 N/mm ²	γ _s	1.15
γ _c	1.50	f _{yd}	391.30 N/mm ²
α _{cc}	0.85	E _s	210.00 kN/mm ²
f _{cd}	23.52 N/mm ²	n	5.91
E _c	35.55 kN/mm ²		

GEOMETRIA	
s (spessore fondello)	6.00 cm
h (altezza traliccio)	16.00 cm
H (altezza soletta finita)	30.00 cm
b (larghezza fondello)	40.00 cm
i _L (passo longit. traliccio)	19.00 cm
i _T (passo trasv. traliccio)	20.00 cm
Ø ₁ (diametro ferro sup)	24 mm
Ø ₂ (diametro ferro diag)	10 mm
Ø ₃ (diametro ferri inf)	18 mm
■ Blocchi di alleggerimento	

SCHEMA STATICO	
○ Sbalzo (solo momento negativo e taglio)	
○ Trave appoggiata	
● Trave appoggiata con sbalzo	
L _S (lunghezza sbalzo)	2.70 m
L ₁ (luce interna)	6.00 m

ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI	
Q _k (peso):	25*0.30*0.40 = 3.00 kN/m
Δq (incremento dinamico getto)=	1.00 kN/m ²
Q _d :	1.35*(3.00+1.00*0.40) = 4.59 kN/m
γ _G =	1.35
M _{Ed}	-16.73 kNm/m
M ⁺ _{Ed}	20.66 kNm/m
V _{Ed}	16.56 kN/m





Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

VERIFICHE

- Verifica ad instabilità delle barre compresse superiori
- Verifica ad instabilità delle barre compresse inferiori
- Verifica di resistenza del calcestruzzo compresso

Verifica a taglio V

α_1 (inclinazione diagonali nel piano verticale)	$\text{atan}(16.00/(19.00/2)) =$	59.30 °
α_2 (inclinazione diagonali nel piano trasversale)	$\text{atan}(16.00/(20.00/2)) =$	57.99 °
$N_{2,Ed}$ (forza sul diagonale \varnothing_2 - SLU)	$16.56 / [2 * \text{sen}(59.30^\circ) * \text{sen}(57.99^\circ)] =$	11.35 kN
l_0 (lunghezza di libera inflessione dei diagonali)	$\sqrt{[16.00^2 + (19.00/2)^2 + (20.00/2)^2]} =$	21.12 cm
λ (snellezza diagonali)	$10 * 21.12 / (10.00/4) =$	84.50
ε	$\sqrt{[235 / 450]} =$	0.72
$\lambda^{\bar{}}$	$84.50 / (93.9 * 0.72) =$	1.25
Φ	$0.5 * [1 + 0.49 * (1.25 - 0.2) + 1.25^2] =$	1.53
χ	$1 / [1.53 + \sqrt{(1.53^2 - 1.25^2)}] =$	0.41
$N_{2,Rd}$ (resistenza a compressione del diagonale \varnothing_2)	$1/1000 * 0.41 * 391.30 * 3.14 * 10^2/4 =$	12.68 kN > $N_{2,Ed}$ --> OK

Verifica a M-

$N_{1,Ed}$ (forza sulla barra superiore \varnothing_1) - SLU	104.57 kN	σ_s (tensione \varnothing_1)	231.14 N/mm ² < f_{yd} --> OK
$N_{3,Ed}$ (forza sulle barre inferiori \varnothing_3) - SLU	-52.28 kN	σ_s (tensione \varnothing_3)	-205.46 N/mm ² < f_{yd} --> OK
$N_{c.a.}$ (forza compressione sul fondello - SLE R)	-77.46 kN	σ_c (tensione sul cls)	2.87 N/mm ² < 0.6 f_{ck} --> OK
l_0 (lunghezza libera infless. barre int. \varnothing_3) =	19.00 cm	$\lambda^{\bar{}}$	0.62
λ (snellezza)	$10 * 19.00 / (18 / 4) =$	Φ	0.80
ε	$\sqrt{[235 / 450]} =$	χ	0.77
$N_{3,Rd}$ (resistenza a instabilità barre inf. \varnothing_3)	$0.001 * 0.77 * 391.30 * 3.14 * 18^2/4 =$	76.89 kN > $N_{3,Ed}$ --> OK	

Verifica a M+

$N_{1,Ed}$ (forza sulla barra superiore \varnothing_1)	-129.09 kN	σ_s (tensione \varnothing_1)	-285.36 N/mm ² < f_{yd} --> OK
$N_{3,Ed}$ (forza sulle barre inferiori \varnothing_3)	64.55 kN	σ_s (tensione \varnothing_3)	253.65 N/mm ² < f_{yd} --> OK
l_0 (lunghezza libera infless. barre sup. \varnothing_1) =	19.00 cm	$\lambda^{\bar{}}$	0.47
λ (snellezza)	$10 * 19.00 / (24 / 4) =$	Φ	0.67
ε	$\sqrt{[235 / 450]} =$	χ	0.86
$N_{1,Rd}$ (resistenza a instabilità barre sup. \varnothing_1)	$0.001 * 0.86 * 391.30 * 3.14 * 24^2/4 =$	152.49 kN > $N_{1,Ed}$ --> OK	

12.2. In situazione persistente / eccezionale

12.2.1 DATI GEOMETRICI

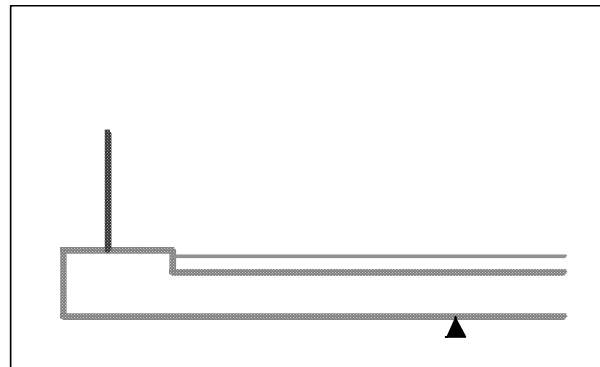
L_{sb}		2.70 m	(Lunghezza sbalzo)
S_{sol}		0.30 m	(Spessore totale soletta, comprensiva delle predalles)
S_{pav}		0.11 m	(Spessore medio pavimentazione sullo sbalzo)
S_{marc}		0.15 m	(Sovralzo marciapiede oltre la soletta)
L_{marc}		0.75 m	(Larghezza marciapiede)
L_{pav}	$= 2.70 - 0.75 =$	1.95 m	(Larghezza pavimentazione sulla parte a sbalzo)
$d_{rete/barr}$	<input type="checkbox"/> barriera fonoassorbente/parapetto		(Distanza rete/barriera fonoassorbente da incastro)
S_{guard}	<input checked="" type="checkbox"/> guard-rail	0.45 m	(Arretramento guard-rail rispetto filo marciapiede)
$d_{veletta}$	<input checked="" type="checkbox"/> veletta di chiusura laterale	2.70 m	(Distanza veletta da incastro)
d_{tubo}	<input checked="" type="checkbox"/> tubo di drenaggio	3.00 m	(Distanza collettore da incastro)

Diffusione dei carichi e delle sollecitazioni nella soletta dell'impalcato

α_{vert}	45°	(Diffusione verticale dei carichi nello spessore della soletta)	
α_{hor}	45°	(Diffusione orizzontale nel piano della soletta)	<input type="radio"/> Diffusione orizzontale da un solo lato <input checked="" type="radio"/> Diffusione orizzontale da ambo i lati

12.2.2 PESI UNITARI

Soletta impalcato	25.00 kN/m ³
Pavimentazione (sullo sbalzo)	23.00 kN/m ³
Guard-rail	1.00 kN/m
Veletta	3.60 kN/m
Tubo di drenaggio acque stradali	1.00 kN/m



Schema di calcolo

12.2.3 CALCOLO DELLE AZIONI

12.2.3.1 URTO VEICOLO IN SVIO

F_k		100.00 kN	(Azione urto)
L_{diff}		0.50 m	(Lunghezza di diffusione dell'urto sulla barriera)
$h_{barr sic}$		1.60 m	(Altezza della barriera di sicurezza)
h_{svio}	$= \min \{1.00 ; 1.60 - 0.10\} =$	1.00 m	(Altezza di applicazione dell'azione di svio)
F_k	$= 100.00 / 0.50 =$	200.00 kN/m	(Azione urto al piede barriera)
M_k	$= 200.00 * 1.00 =$	200.00 kNm/m	(Momento azione urto al piede barriera)
L_d	$= 0.50 + 2 * 1.95 * \tan(45^\circ) =$	4.40 m	(Larghezza diffusione urto alla sezione di incastro)
V_{Ak}	$= 200 * 0.50 / 4.40 =$	22.73 kN/m	(Azione urto - sezione di incastro)
m_{Ak}	$= 200 * 0.50 / 4.40 =$	22.73 kNm/m	(Momento azione urto - sezione di incastro)

12.2.3.2 CARICHI DA TRAFFICO

12.2.3.2.1 Schema di carico 1 (LM 1)

L_1	0.40 m	(Larghezza impronta direzione longitudinale)
L_2	0.40 m	(Larghezza impronta direzione trasversale)
l_{long}	1.20 m	(Interasse longitudinale impronte di carico)
l_{trasv}	2.00 m	(Interasse trasversale impronte di carico)
Q_{1k} (TS - Tandem Sistem)	150.00 kN	(Carico su singola ruota - corsia n. 1)
q_{1k} (UDL)	9.00 kN/m ²	(Carico uniformemente distribuito - corsia n. 1)

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Schema 1-posizione 1 (adiacente guard rail)			
d1	= 1.95 - 0.40/2 =	1.75 m	(Braccio di leva impronte di carico fila esterna)
		100%	(Aliquota efficace impronte di carico fila esterna)
Ld1	= 0.40 + 2 * 1.75 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	4.42 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	= 0.40 + 1.20 + 2 * 1.75 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	5.62 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
v1	= 150 * 100% / 4.42 + 9.00 * 1.95 =	51.49 kN/m	(Azione verticale 1 impronta + carico distrib.)
v2	= 2 * 150 * 100% / 5.62 + 9.00 * 1.95 =	70.93 kN/m	(Azione verticale 2 impronte + carico distrib.)
m1	= 150 * 100% / 4.42 * 1.75 + 9.00 * 1.95 ² / 2 =	76.50 kNm/m	(Momento 1 impronta + carico distrib.)
m2	= 2 * 150 * 100% / 5.62 * 1.75 + 9.00 * 1.95 ² / 2 =	110.53 kNm/m	(Momento 2 impronte + carico distrib.)

Schema 1-posizione 2 (adiacente trave)			
d1	= 0.40/2 =	0.20 m	(Braccio di leva impronte di carico fila esterna)
Ld1	= 0.40 + 2 * 0.20 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	1.32 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	= 0.40 + 1.20 + 2 * 0.20 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	2.52 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
q1	= 150 / 1.32 + 9.00 * 1.95 =	131.19 kN/m	(Azione verticale 1 impronta + carico distrib.)
q2	= 2 * 150 / 2.52 + 9.00 * 1.95 =	136.60 kN/m	(Azione verticale 2 impronte + carico distrib.)
m1	= 150 / 1.32 * 0.20 + 9.00 * 1.95 ² / 2 =	39.84 kNm/m	(Momento 1 impronta + carico distrib.)
m2	= 2 * 150 / 2.52 * 0.20 + 9.00 * 1.95 ² / 2 =	40.92 kNm/m	(Momento 2 impronte + carico distrib.)

12.2.3.2.2 Schema di carico 2 (LM 2)

L ₁	0.60 m	(Larghezza impronta direzione longitudinale)
L ₂	0.35 m	(Larghezza impronta direzione trasversale)
l _{long}	2.00 m	(Interasse impronte)
Q _{1k}	200.00 kN	(Carico su singola ruota)

Schema 2-posizione 1 (adiacente guard rail)			
d	= 1.95 - 0.35/2 =	1.78 m	(Braccio di leva impronte di carico)
		100%	(Aliquota efficace impronte di carico fila esterna)
Ld1	= 0.60 + 2 * 1.78 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	4.67 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	= 0.60 + 2.00 + 2 * 1.78 * tan(45°) + 2 * (0.11 + 0.30/2) * tan(45°) =	6.67 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
q1	= 200 * 100% / 4.67 =	42.83 kN/m	(Azione verticale a metro 1 impronta di carico)
q2	= 2 * 200 * 100% / 6.67 =	59.97 kN/m	(Azione verticale a metro 2 impronte di carico)
m1	= 42.83 * 1.78 =	76.02 kNm/m	(Momento a metro 1 impronta di carico)
m2	= 59.97 * 1.78 =	106.45 kNm/m	(Momento a metro 2 impronte di carico)

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

Schema 2-posizione 2 (adiacente trave)

d	= 0.35/2 =	0.18 m	(Braccio di leva impronte di carico)
Ld1	= 0.60+2*0.18*tan(45°)+2*(0.11+0.30/2)*tan(45°) =	1.47 m	(Larghezza diffusione 1 impronta di carico)
Ld2	=0.60+2.00+2*0.18*tan(45°)+2*(0.11+0.30/2)*tan(45°) =	3.47 m	(Larghezza diffusione 2 impronte di carico)
q1	= 200 / 1.47 =	136.05 kN/m	(Azione verticale a metro 1 impronta di carico)
q2	= 2 * 200 / 3.47 =	115.27 kN/m	(Azione verticale a metro 2 impronte di carico)
m1	= 136.05 * 0.18 =	23.81 kNm/m	(Momento a metro 1 impronta di carico)
m2	= 115.27 * 0.18 =	20.17 kNm/m	(Momento a metro 2 impronte di carico)

12.2.3.2.3 Schema di carico 4 - folla (LM 4)

q _{sk}		5.00 kN/m ²	(Carico distribuito folla compatta)
L	= 2.50 - 2.40 =	0.10 m	(Larghezza zona caricata)
d	= (2.50 + 2.40) / 2 =	2.45 m	(Braccio di leva carico folla compatta)
v _k	= 5.00 * 0.10 =	0.50 kN/m	(Risultante carico folla compatta)
m _k	= 0.50 * 2.45 =	1.23 kNm/m	(Momento carico folla compatta)

12.2.4 RISULTATI

SOLLECITAZIONI DI PIASTRA ALL'INCASTRO - COND. DI CARICO ELEMENTARI						
AZIONE	TIPO	q [kN/m ²]	H [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]	
Peso proprio soletta	G1k	0.30 * 25 = 7.50	-	20.3	27.3	
Peso marciapiede	G2k	0.15 * 25 = 3.75	-	2.8	6.5	
Peso pavimentazione	G2k	0.11 * 23 = 2.53	-	4.9	4.8	
Peso veletta	G2k	3.60	-	3.6	9.7	
Peso guard-rail + tubo di drenaggio	G2k	2.00	-	2.0	5.4	
		Tot permanenti Gk	-	33.6	53.8	
Traffico - LM 1 pos. 1	Q11k		-	70.9	110.5	
Traffico - LM 1 pos. 2	Q12k		-	136.6	40.9	
Traffico - LM 2 pos. 1	Q13k		-	60.0	106.4	
Traffico - LM 2 pos. 2	Q14k		-	136.1	23.8	
Traffico - LM 4 (folla)	Q15k		-	0.5	1.2	
Azione del vento su barriera	Fwk		-	0.0	0.0	
Azione eccezionale (urto veicolo)	Ak		22.7	0.0	22.7	

COMBINAZIONI DI CARICO PER SITUAZIONI DI PROGETTO						
	Permanenti Gk	TRAFFICO Q1k			Vento Fwk	Urto Ak
		LM 1	LM 2	LM 5		
γ _F (A1) (persistente e transitoria)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.50	-
γ _F (eccezionale)	1.00	-	1.00	-	-	1.00
ψ ₀	-	0.75	-	0.60	0.60	-
ψ ₁ (gruppi 1a e 1b)	-	0.75	0.75	-	0.20	-
ψ ₂	-	-	-	-	-	-
ψ ₀	-	-	-	-	0.60	-
ψ ₁ (gruppi 4)	-	-	-	0.75	0.20	-
ψ ₂	-	-	-	-	-	-

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

SOLLECITAZIONI DI PIASTRA ALL'INCASTRO - VALORI DI PROGETTO					
COMB.	GRUPPO		H [kN/m]	V [kN/m]	M [kNm/m]
1 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{11k} + 1.35 * 0.6 * Q_{15k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	4.6	142.9	233.1
2 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{12k} + 1.35 * 0.6 * Q_{15k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	4.6	231.5	139.1
3 - SLU	(Gr. 1b)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{13k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	4.6	127.7	226.6
4 - SLU	(Gr. 1b)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{14k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	4.6	230.4	115.1
5 - SLU	(Gr. 4)	$1.35 * G_k + 1.35 * Q_{15k} + 1.5 * 0.6 * F_{wk}$	4.6	47.4	84.6
6 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.5 * F_{wk} + 1.35 * 0.75 * Q_{11k} + 1.35 * 0 * Q_{15k}$	7.7	118.5	199.4
7 - SLU	(Gr. 1a)	$1.35 * G_k + 1.5 * F_{wk} + 1.35 * 0.75 * Q_{12k} + 1.35 * 0 * Q_{15k}$	7.7	185.0	128.9
8 - SLU	(Gr. 1b)	$1.35 * G_k + 1.5 * F_{wk} + 1.35 * 0 * Q_{13k}$	7.7	46.7	87.5
9 - ECC		$G_k + Q_{13k} + A_k$	22.7	94.6	185.5
10 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + Q_{11k} + 0.6 * Q_{15k} + 0.6 * F_{wk}$	3.1	105.8	172.2
11 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + Q_{12k} + 0.6 * Q_{15k} + 0.6 * F_{wk}$	3.1	171.5	102.6
12 - SLE R	(Gr. 1b)	$G_k + Q_{13k} + 0.6 * F_{wk}$	3.1	94.6	167.4
13 - SLE R	(Gr. 1b)	$G_k + Q_{14k} + 0.6 * F_{wk}$	3.1	170.7	84.7
14 - SLE R	(Gr. 4)	$G_k + Q_{15k} + 0.6 * F_{wk}$	3.1	35.1	62.1
15 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + F_{wk} + 0.75 * Q_{11k} + 0 * Q_{15k}$	5.1	88.1	147.6
16 - SLE R	(Gr. 1a)	$G_k + F_{wk} + 0.75 * Q_{12k} + 0 * Q_{15k}$	5.1	137.3	95.4
17 - SLE R	(Gr. 1b)	$G_k + F_{wk} + 0 * Q_{13k}$	5.1	34.6	64.0
18 - SLE F	(Gr. 1a)	$G_k + 0.75 * Q_{11k} + 0 * Q_{15k} + 0 * F_{wk}$	-	87.8	139.2
19 - SLE F	(Gr. 1a)	$G_k + 0.75 * Q_{12k} + 0 * Q_{15k} + 0 * F_{wk}$	-	137.0	87.0
20 - SLE F	(Gr. 1b)	$G_k + 0.75 * Q_{13k} + 0 * F_{wk}$	-	79.6	136.1
21 - SLE F	(Gr. 1b)	$G_k + 0.75 * Q_{14k} + 0 * F_{wk}$	-	136.6	74.2
22 - SLE F	(Gr. 4)	$G_k + 0.75 * Q_{15k} + 0 * F_{wk}$	-	35.0	57.2
23 - SLE F		$G_k + 0.2 * F_{wk}$	1.0	34.6	57.8
24 - SLE Q.P.		$G_k + 0 * F_{wk}$	-	34.6	56.3

GEOMETRIA SEZIONE

Dimensioni sezione

larghezza B	100.00	cm
altezza H	30.00	cm

Ferri trasversali

	n. / Ø	passo (cm)	
$A_{s,staffe}$			- cm ² /m
$A_{piegati}$	2.5Ø26	40.00	33.18 cm ² /m
Rapporto armatura trasversale ?			4.69 ‰

Ferri longitudinali (flessione+taglio)

coprifermo sup	9.00	cm
coprifermo inf	8.00	cm
$A_{s'}$	5Ø20+5Ø26	42.25 cm ²
A_s	5Ø20	15.71 cm ²
Rapp. armatura superiore ?		2.012 %
Rapp. armatura inferiore ?		0.714 %
Rapp. rerativo armatura ?/?		35 %

PARAMETRI SEZIONE INTERAMENTE REAGENTE

Area totale omogenizzata	3'869.44	cm ²
Posizione baricentro	14.44	cm
Momento statico baricentrico*	13'880.8	cm ³
Momento d'inerzia baricentrico .	25.82	dm ⁴
Braccio coppia interna	18.60	cm

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO				VERIFICHE SLU N-M			VERIFICHE SLU TAGLIO					
<i>N.B. N >0 compressione</i>											η_{sic}	η_{sic}
N [kN]	M [kNm]	V [kN]	T [kNm]	M _{Rd} [kNm]	N _{Rd} [kN]	η_{sic}	V _{Rd} [kN]	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]		taglio cls	taglio c.a.
0.00	-222.84	141.52		-279.7	5'096.9	1.26	210	1'200	521		1.48	3.68
0.00	-128.87	230.17		-279.7	6'574.3	2.17	210	1'200	521		0.91	2.26
0.00	-216.34	126.31		-279.7	5'220.7	1.29	210	1'200	521		1.66	4.12
0.00	-104.78	229.03		-279.7	6'885.9	2.67	210	1'200	521		0.92	2.27
0.00	-74.29	46.03		-279.7	7'264.6	3.76	210	1'200	521		4.56	11.31
0.00	-184.55	117.17		-279.7	5'765.8	1.52	210	1'200	521		1.79	4.44
0.00	-114.07	183.66		-279.7	6'766.6	2.45	210	1'200	521		1.14	2.83
0.00	-72.64	45.35		-279.7	7'283.9	3.85	210	1'200	521		4.62	11.48
-22.73	-182.98	93.57		-278.0	-1'215.8	1.52	207	1'200	521		2.22	5.56

SOLLECITAZIONI SLE				VERIFICHE SLE									
<i>N.B. N >0 compressione</i>				<i>Tipo comb.</i>				<i>(tensioni in esercizio, trazioni >0 [N/mm²])</i>				<i>(apertura fessure [mm])</i>	
N [kN]	M [kNm]	M _{decom} [kNm]	M _{fess} [kNm]	SLE	σ_c [N/mm ²]	σ_s [N/mm ²]	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	w _k [mm]	w _{k,max} [mm]			
0.00	-165.07	0.00	-49.93	Rara	-16.22	230.39	-22.41	±360.00	0.215				
0.00	-160.25	0.00	-49.93	Rara	-15.75	223.67	-22.41	±360.00	0.209				
0.00	-55.03	0.00	-49.93	Rara	-5.41	76.81	-22.41	±360.00	0.053				
0.00	-137.44	0.00	-49.93	Rara	-13.51	191.82	-22.41	±360.00	0.179				
0.00	-136.70	0.00	-49.93	Frequente	-13.43	190.80	-22.41	±360.00	0.178	0.300			
0.00	-133.64	0.00	-49.93	Frequente	-13.13	186.53	-22.41	±360.00	0.174	0.300			
0.00	-54.73	0.00	-49.93	Frequente	-5.38	76.38	-22.41	±360.00	0.052	0.300			
0.00	-53.81	0.00	-49.93	Frequente	-5.29	75.10	-22.41	±360.00	0.050	0.300			
0.00	-53.81	0.00	-49.93	Q.perman.	-5.29	75.10	-16.81	-	0.050	0.200			

13. ANALISI E VERIFICHE DELLE TRAVI PRINCIPALI

13.1. Grafici di riepilogo delle azioni sollecitanti

Nell'esposizione dei risultati delle analisi e delle verifiche si fa riferimento ad una numerazione delle "fibre" delle sezione composta acciaio-clc. dettagliata nella figura successiva.

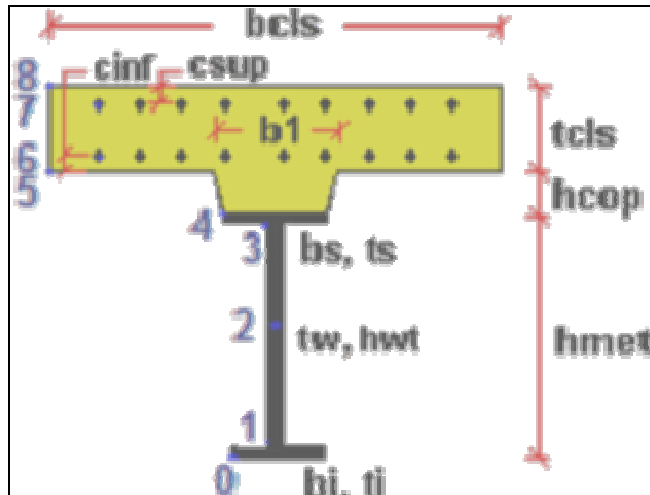


Figura 13.1: Simbologia adottata

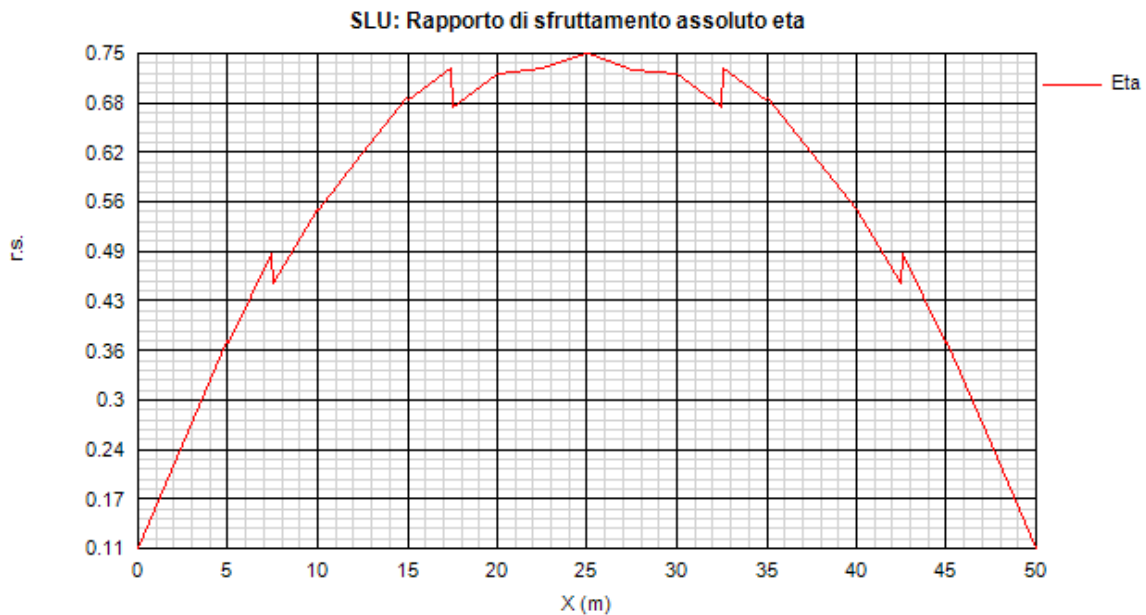


Figura 13.2:

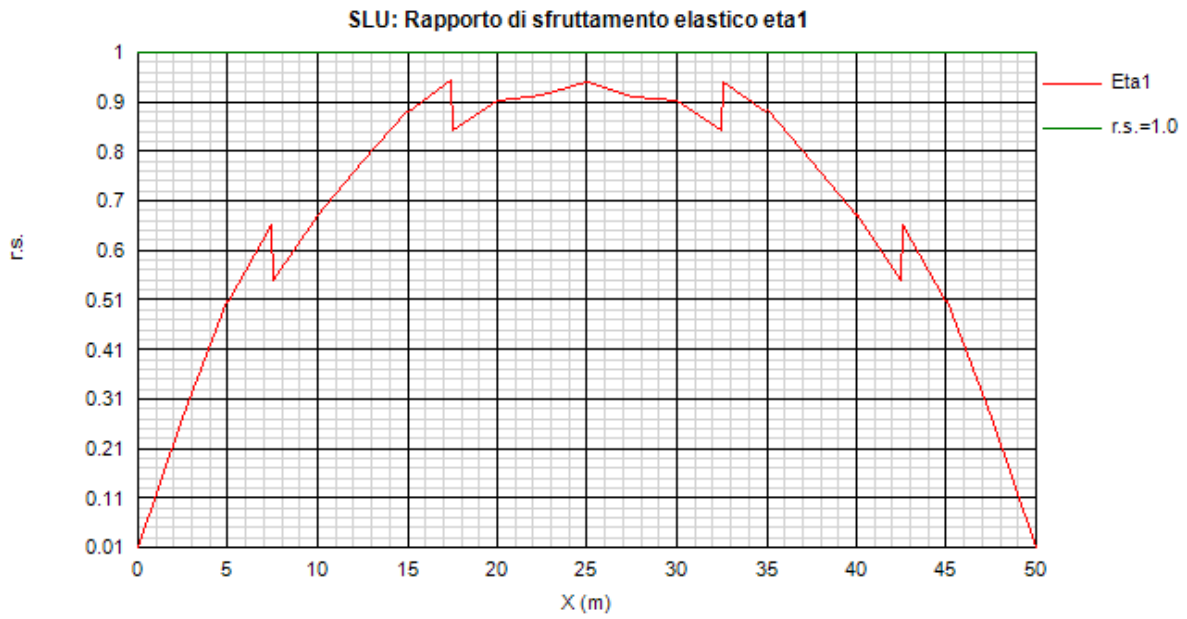


Figura 13.3:

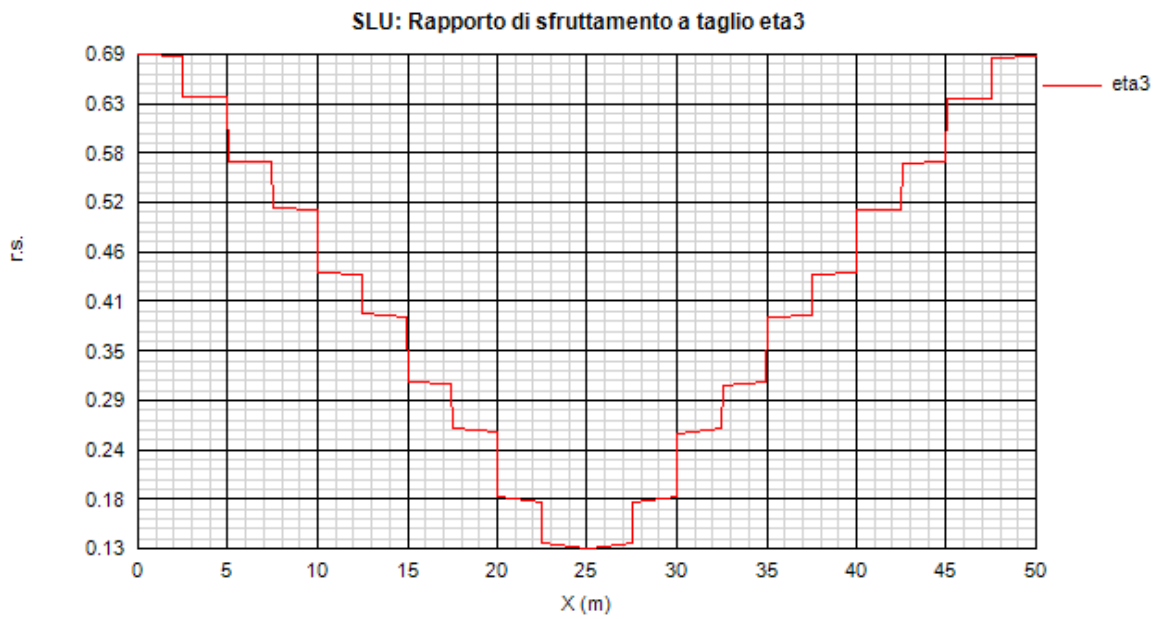


Figura 13.4:

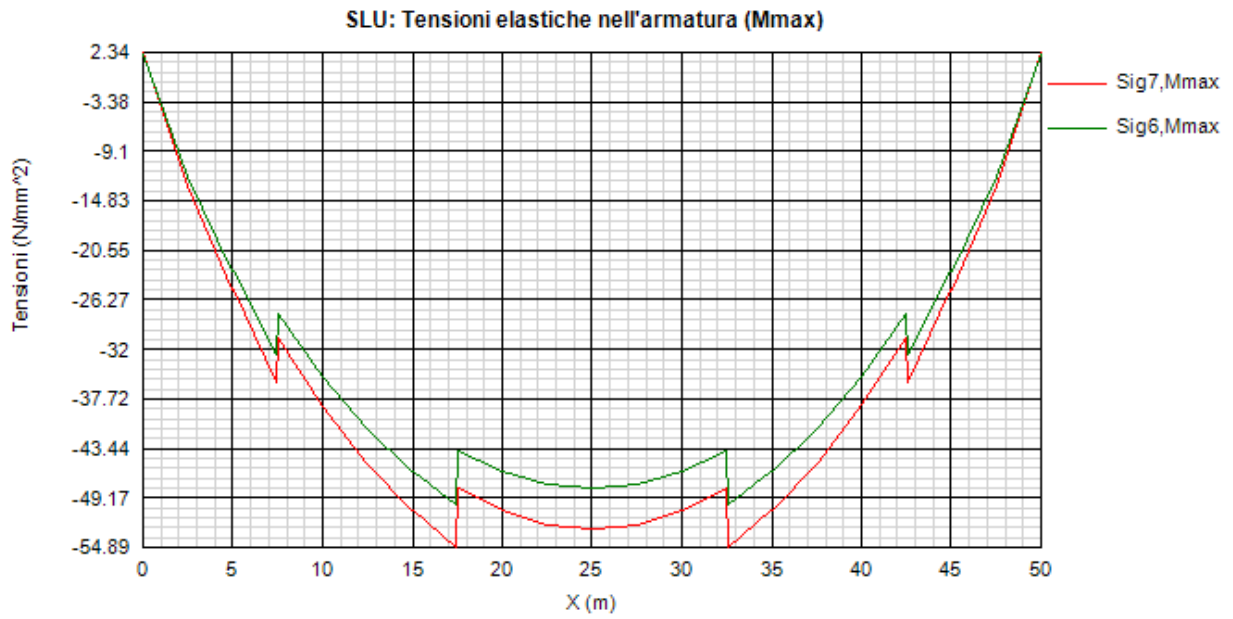


Figura 13.5:

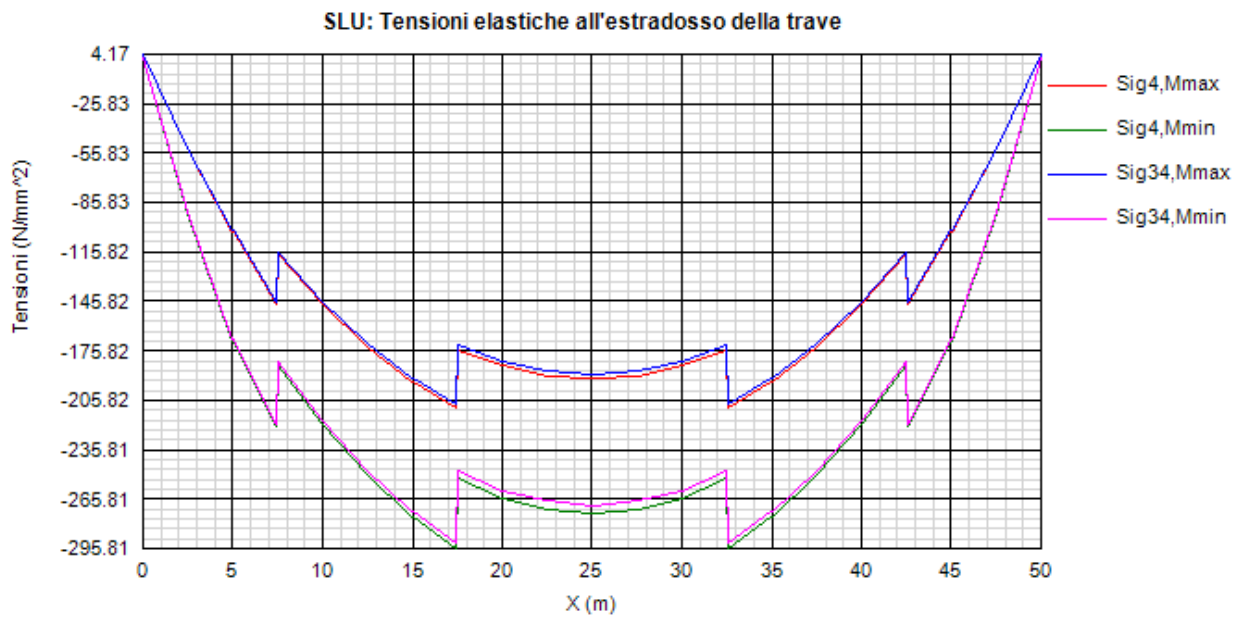


Figura 13.6:

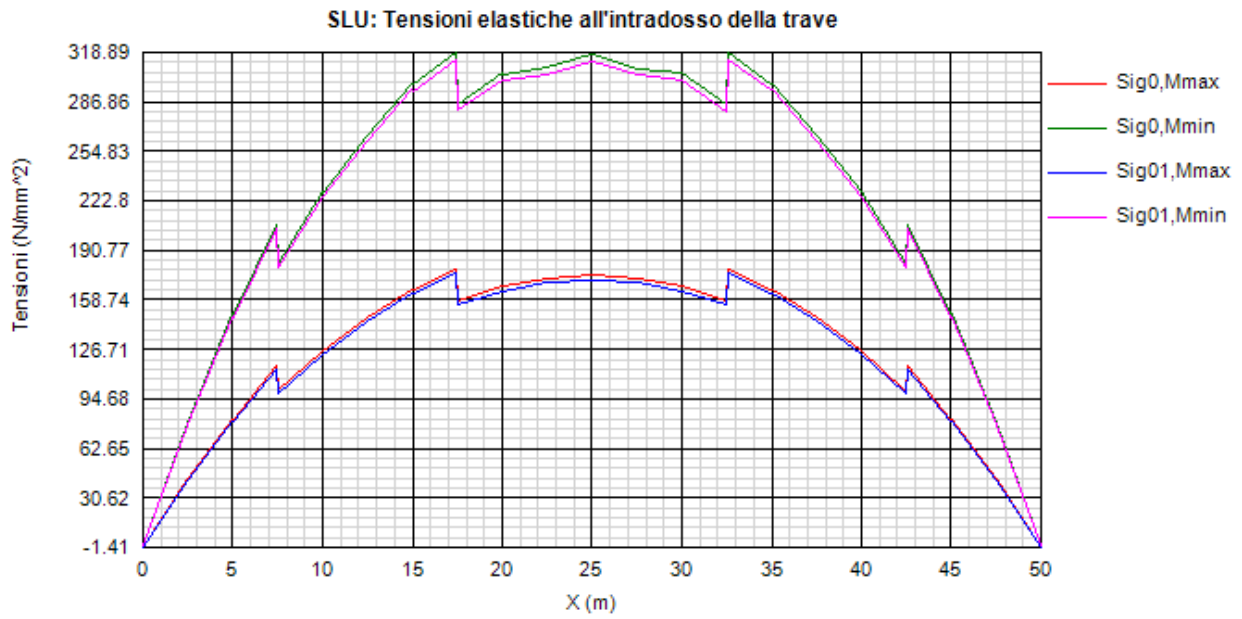


Figura 13.7:

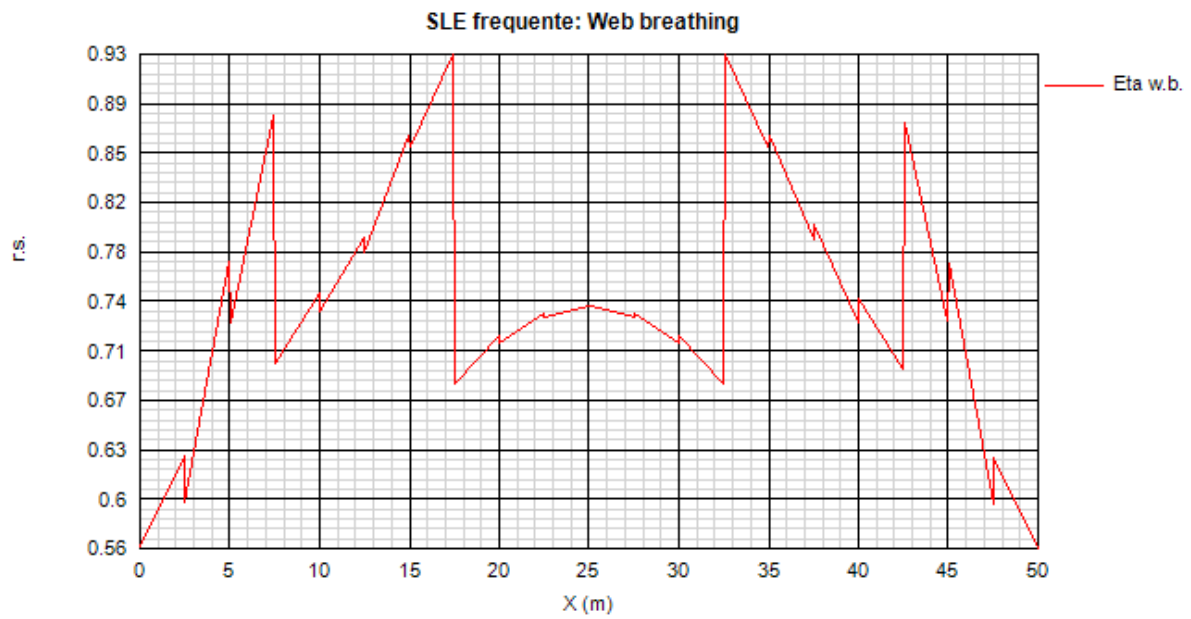


Figura 13.8:

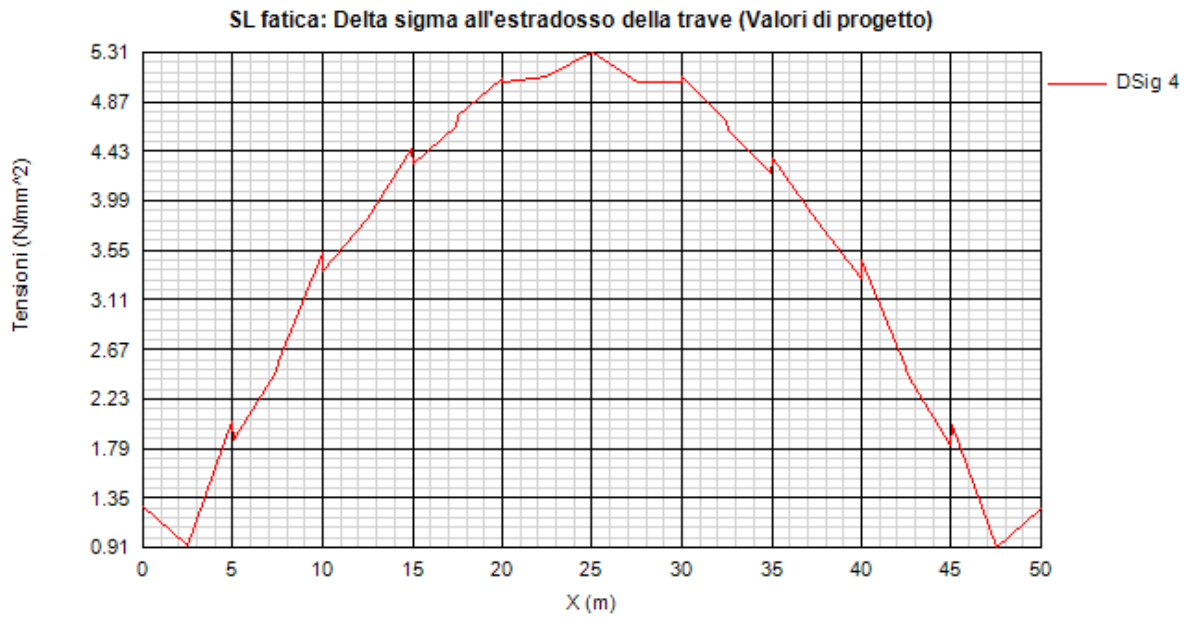


Figura 13.9:

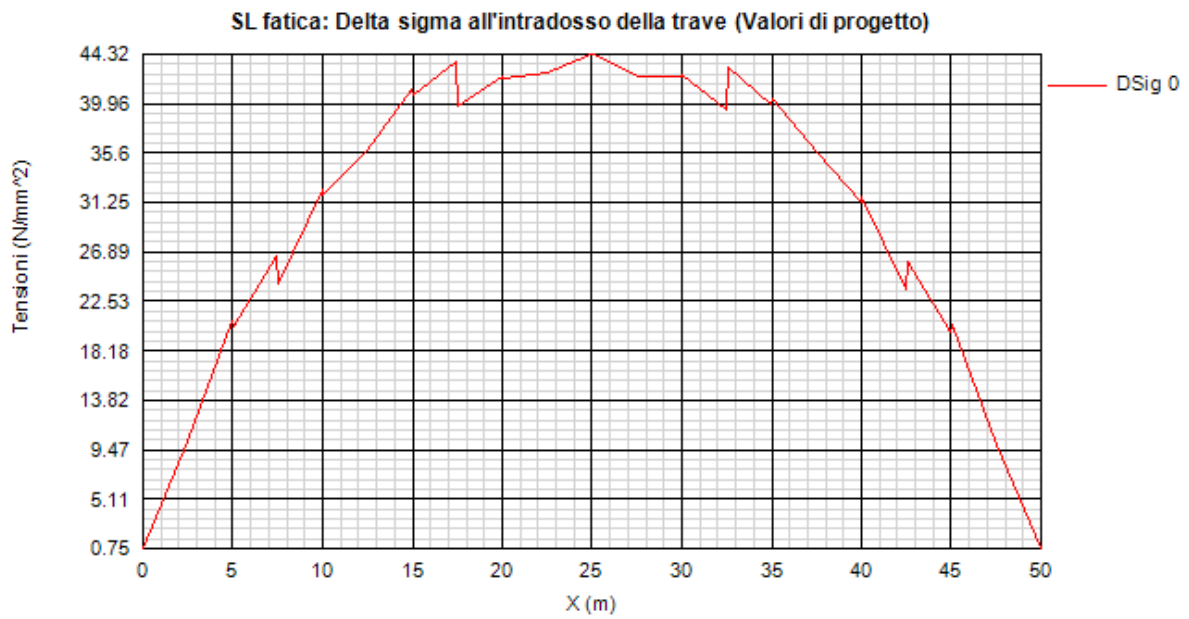


Figura 13.10:

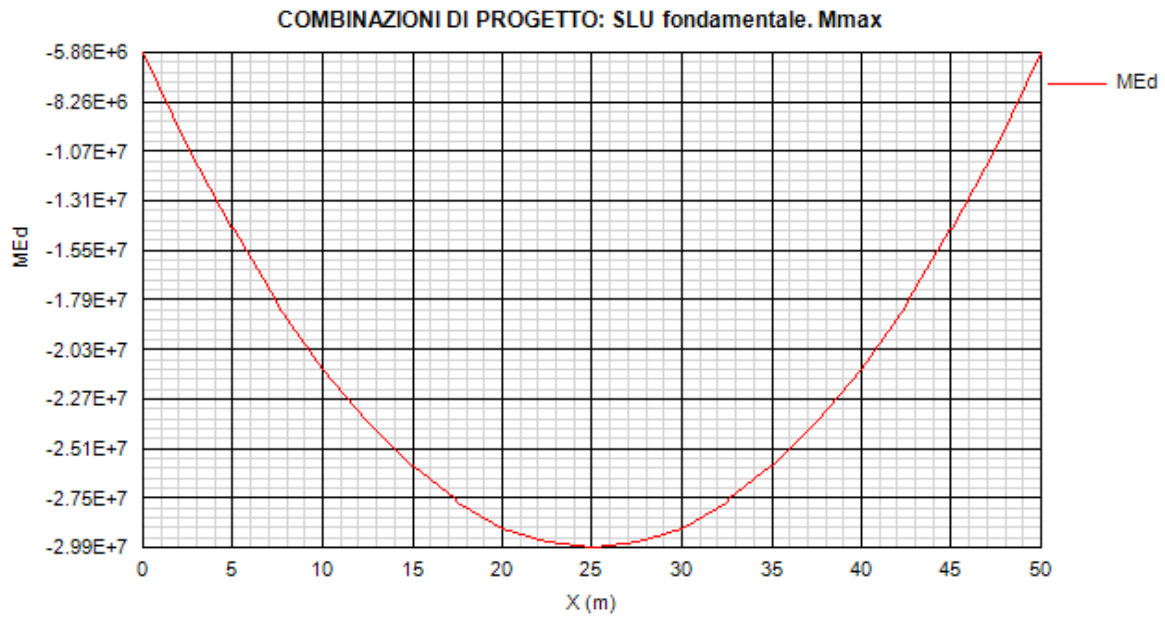


Figura 13.11:

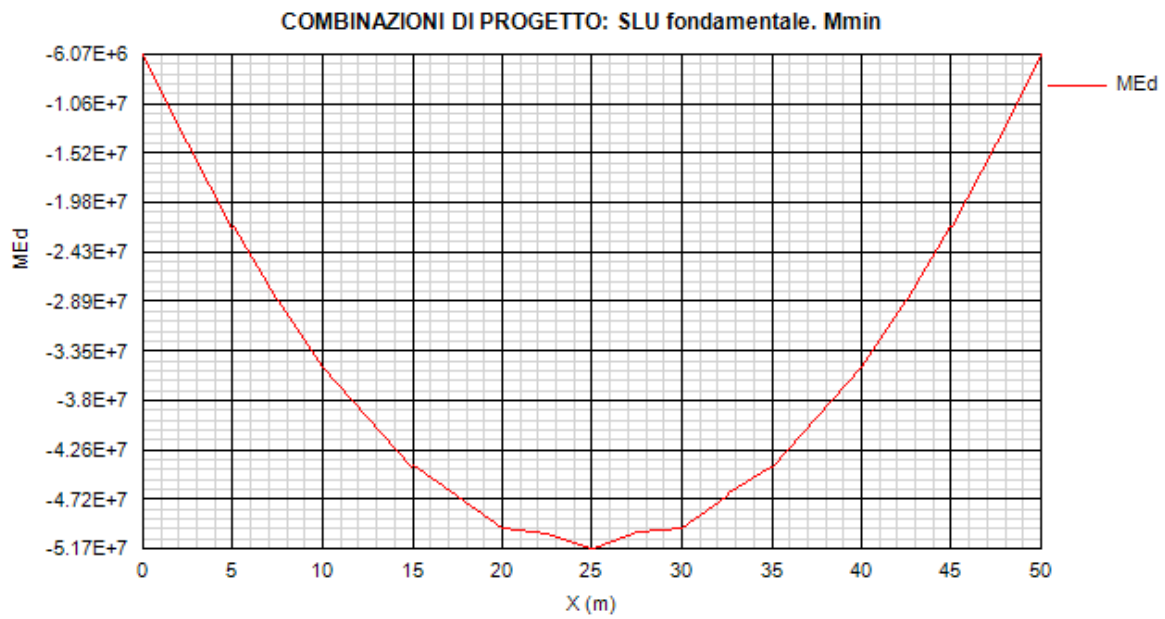


Figura 13.12:

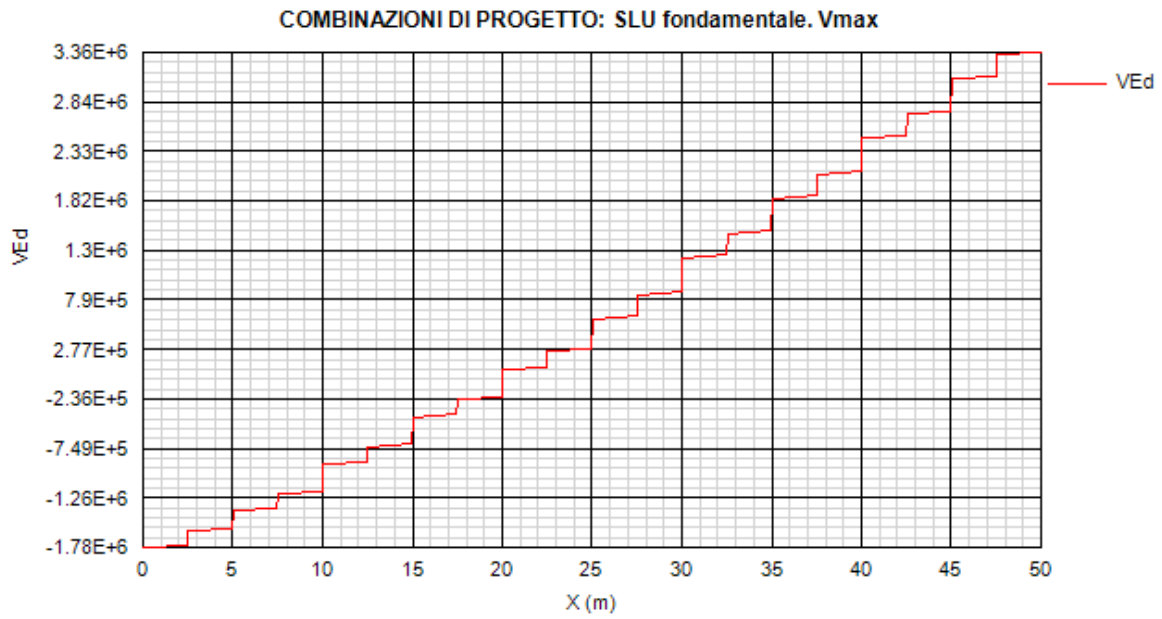


Figura 13.13:

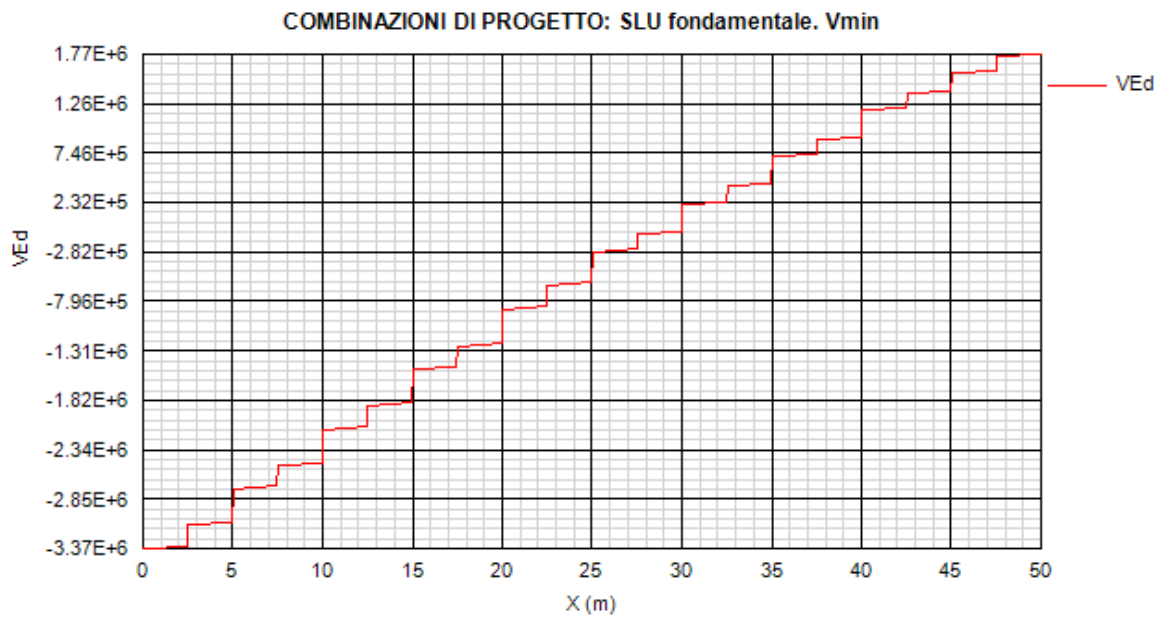


Figura 13.14:

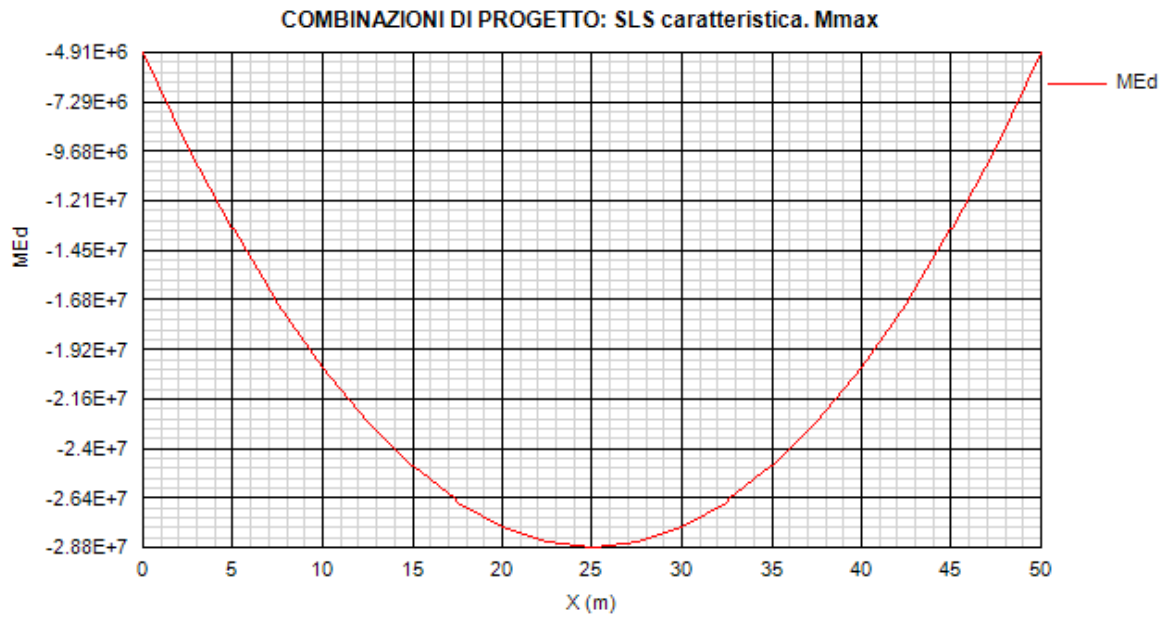


Figura 13.15:

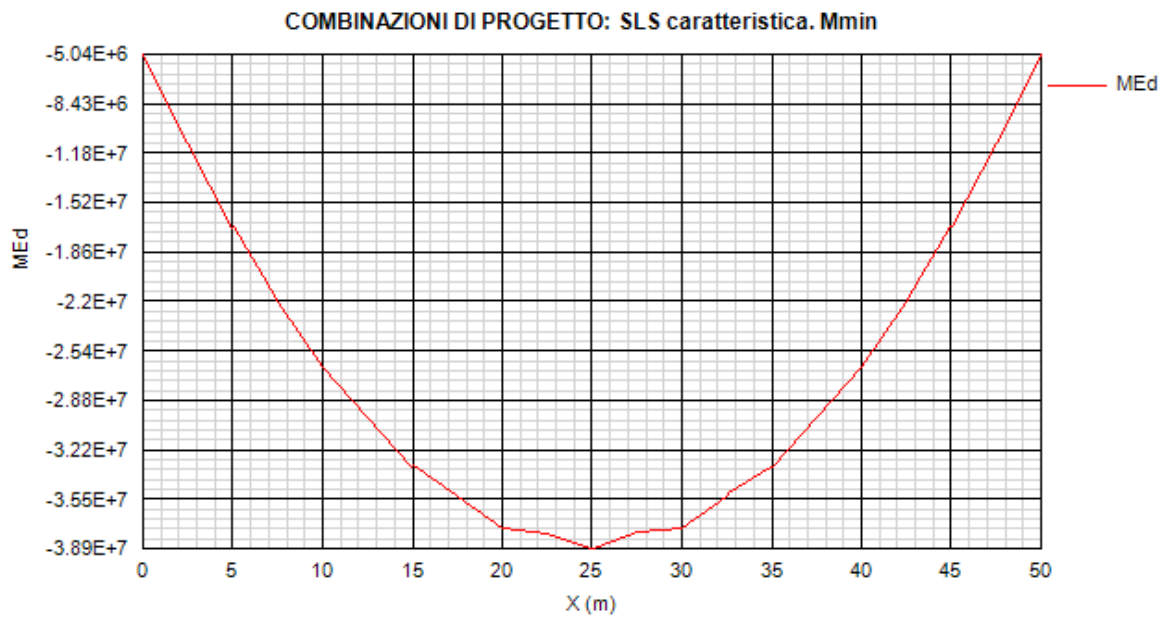


Figura 13.16:

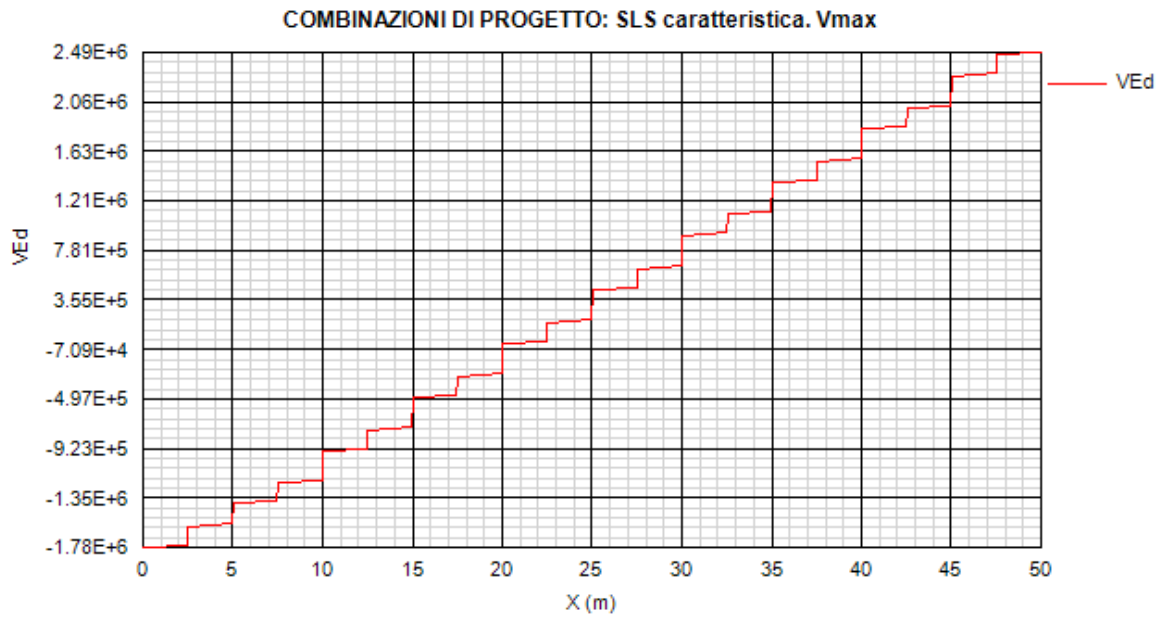


Figura 13.17:

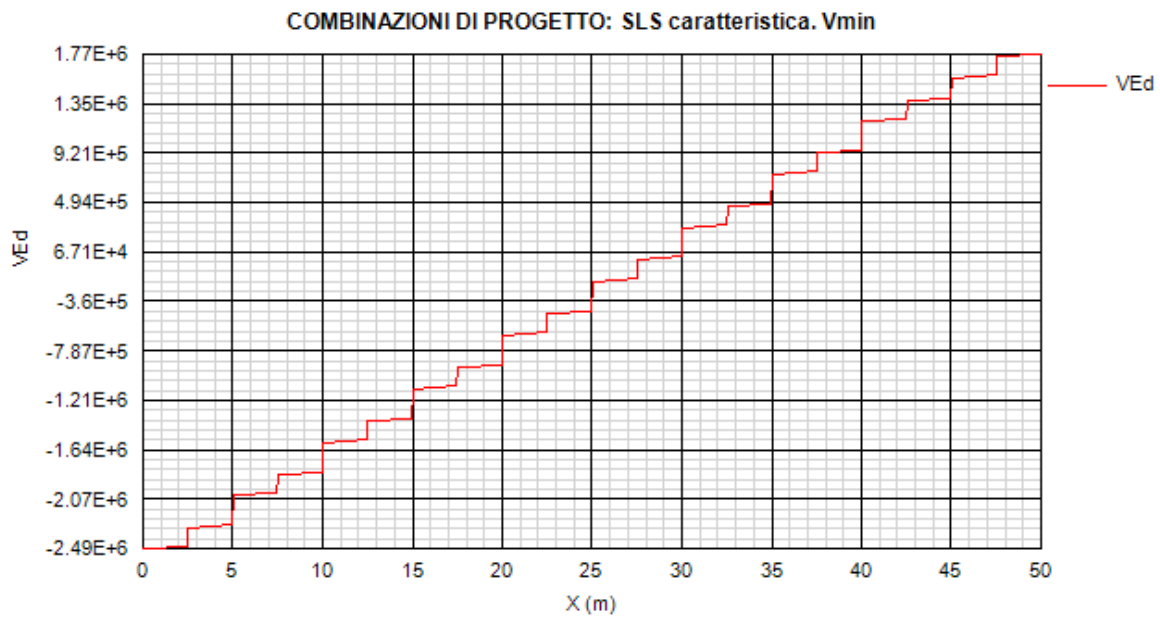


Figura 13.18:

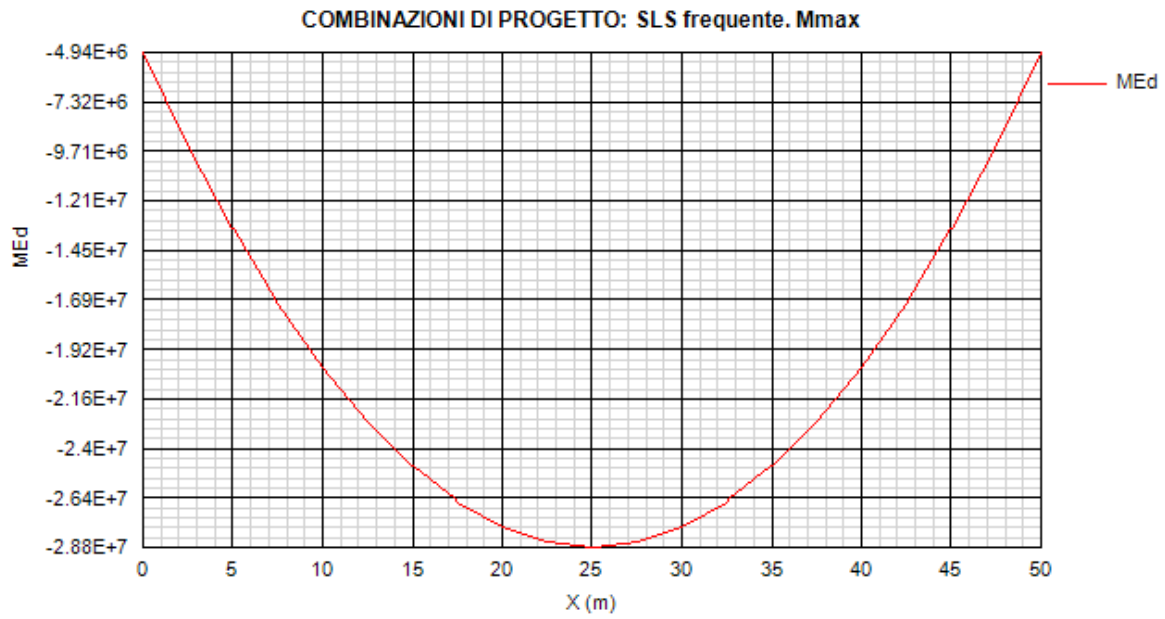


Figura 13.19:

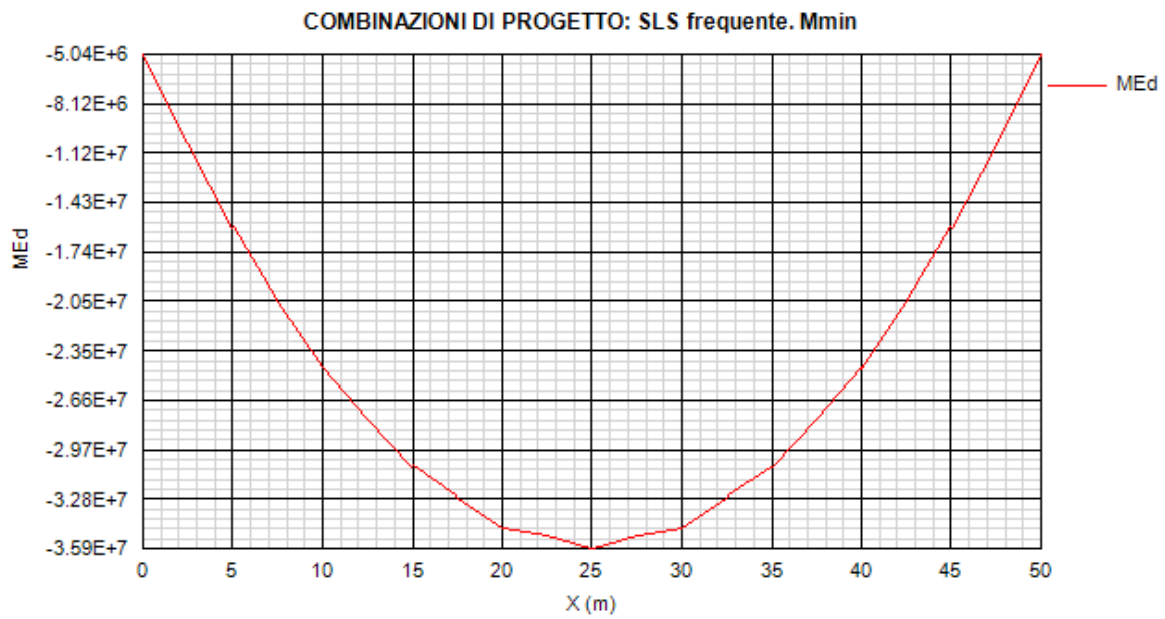


Figura 13.20:

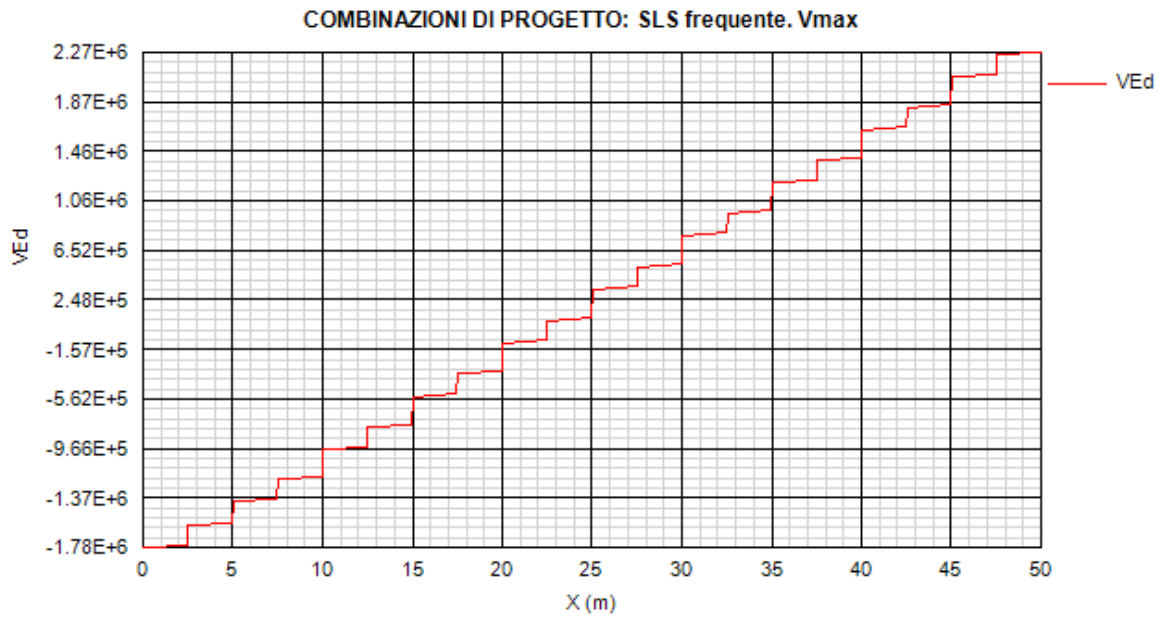


Figura 13.21:

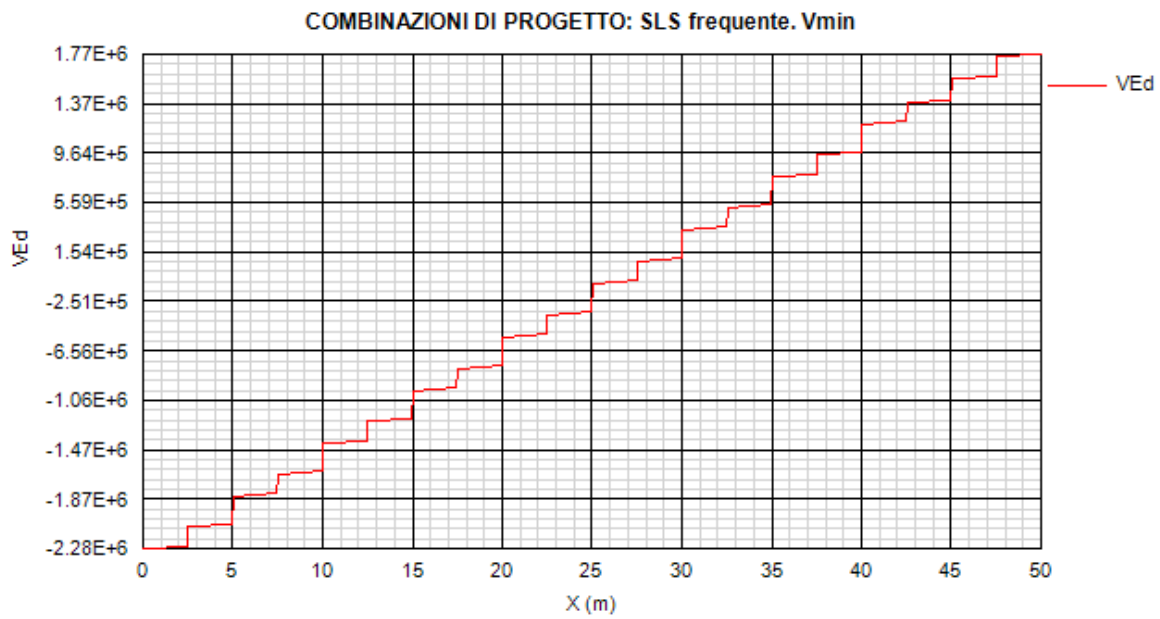


Figura 13.22:

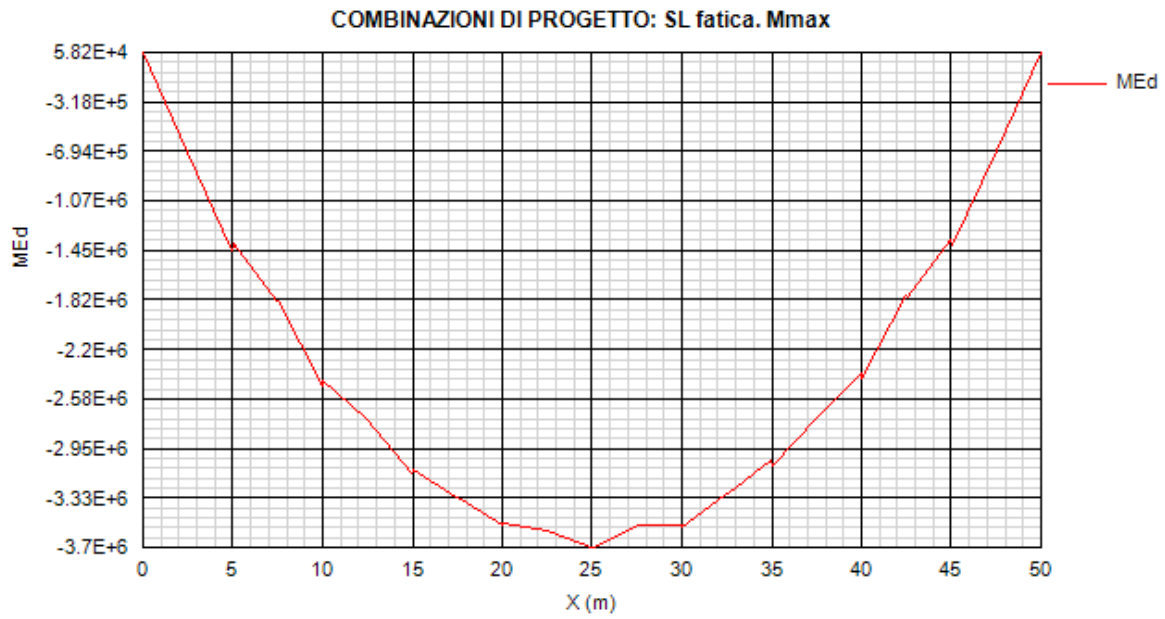


Figura 13.23:

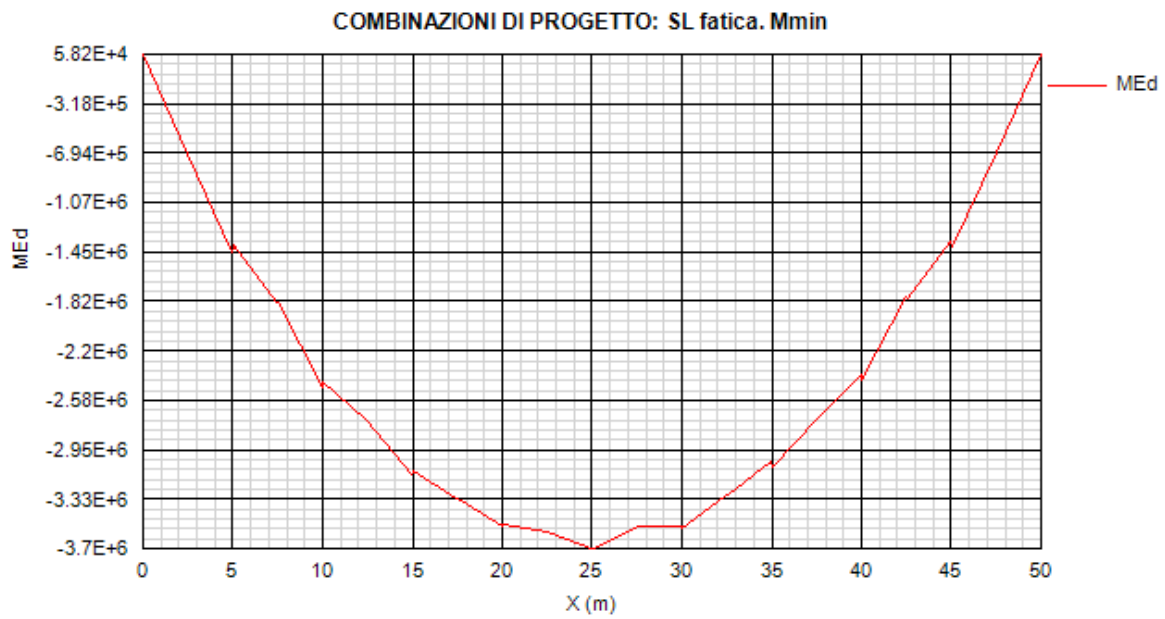


Figura 13.24:

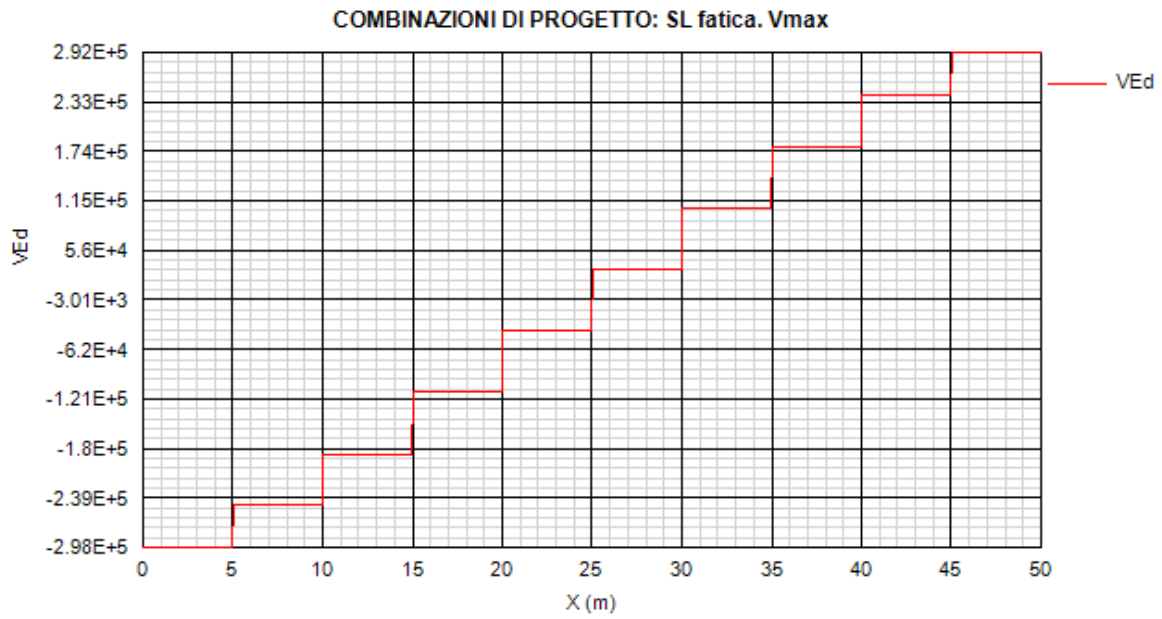


Figura 13.25:

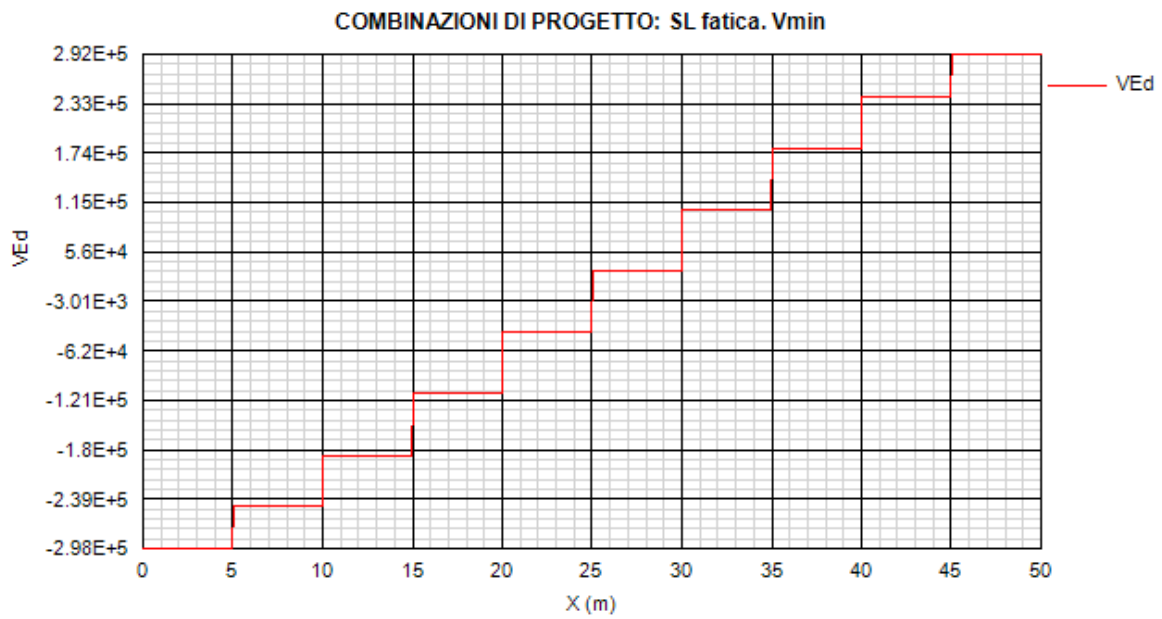


Figura 13.26:

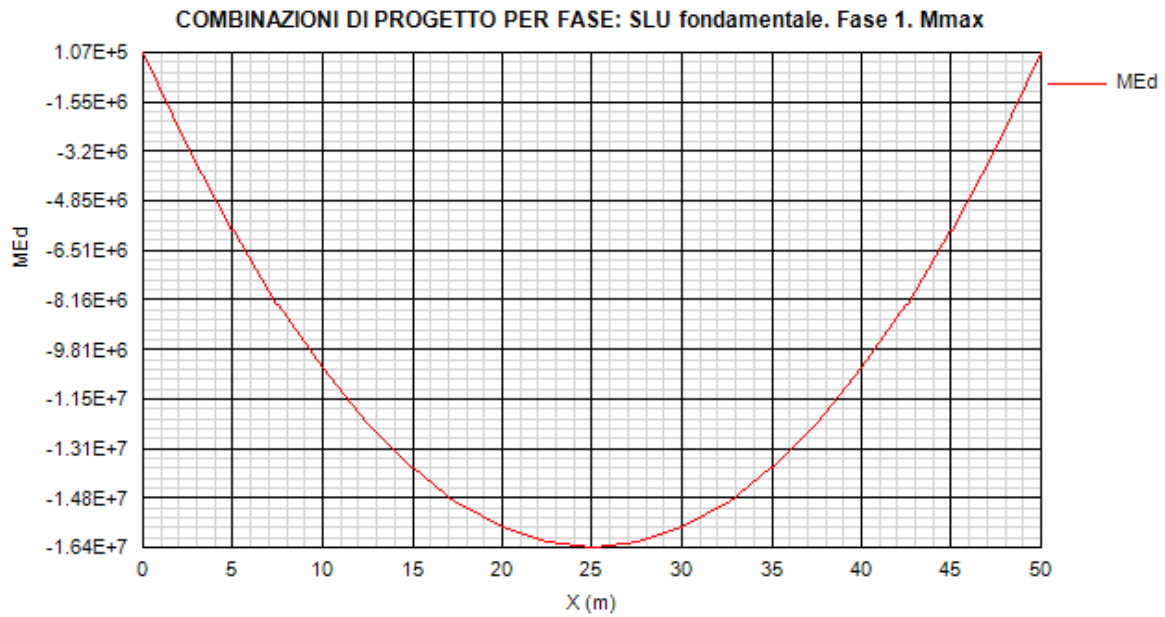


Figura 13.27:

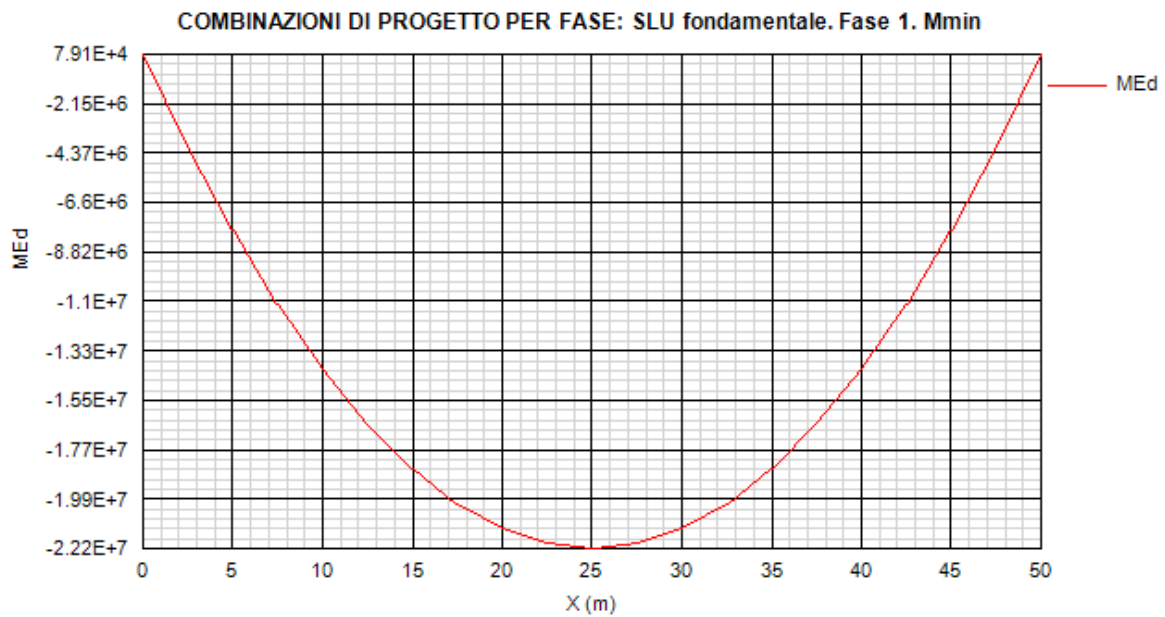


Figura 13.28:

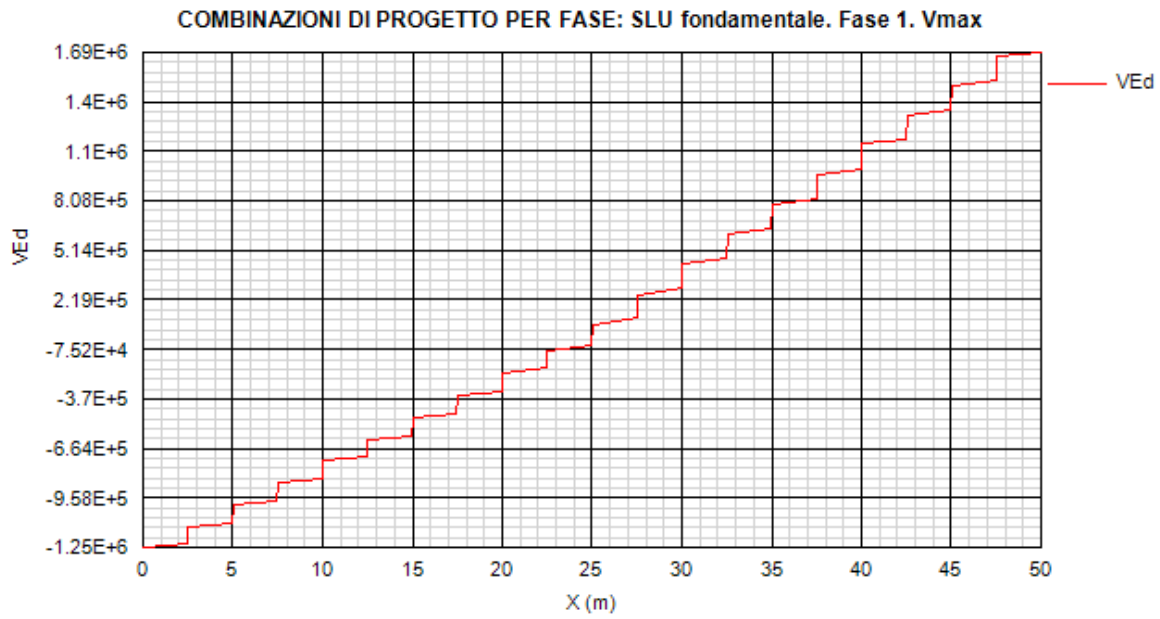


Figura 13.29:

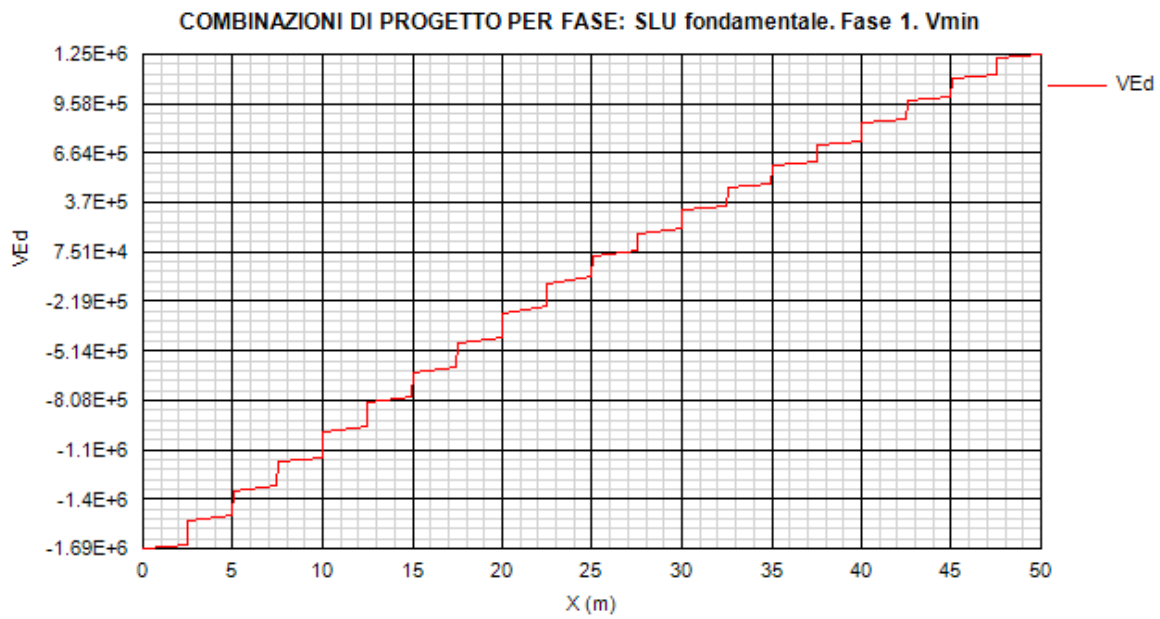


Figura 13.30:

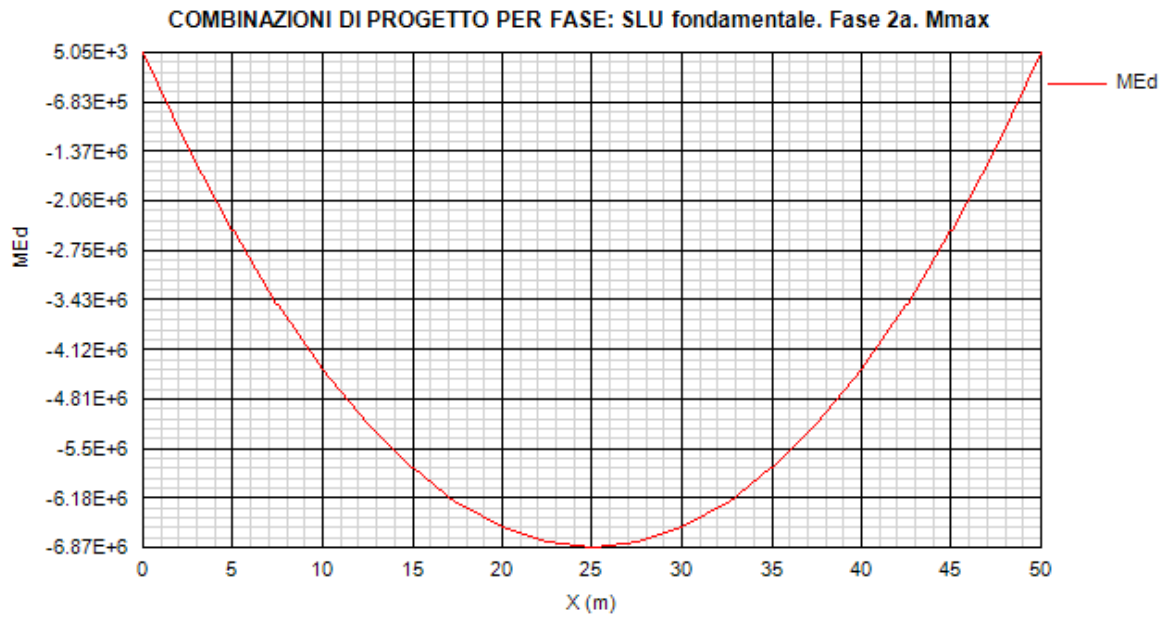


Figura 13.31:

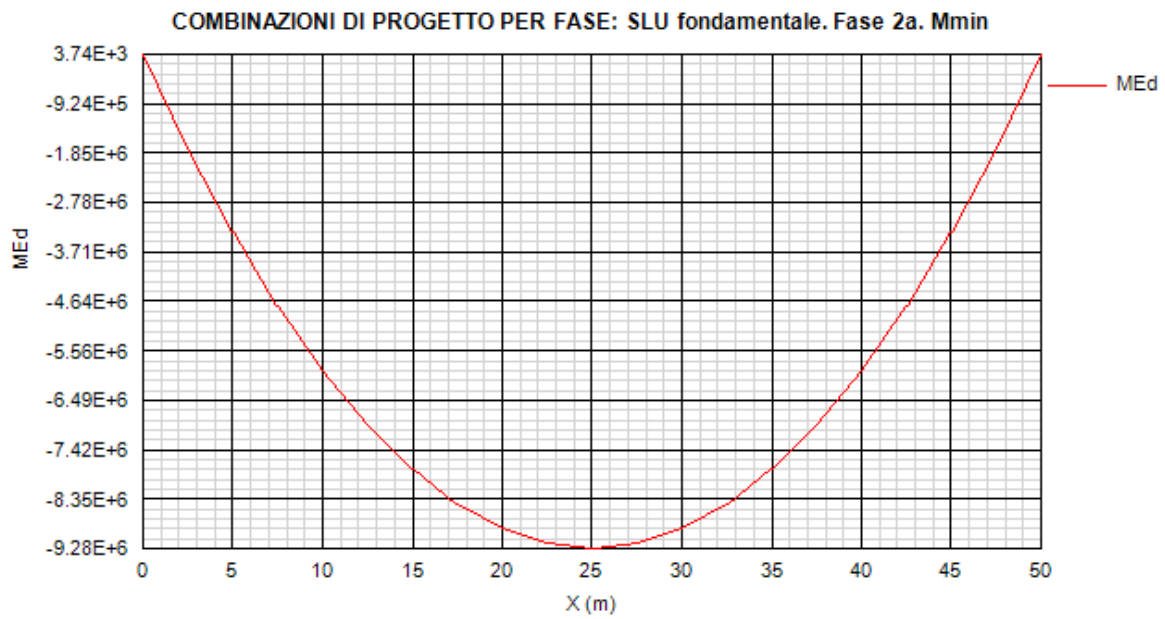


Figura 13.32:

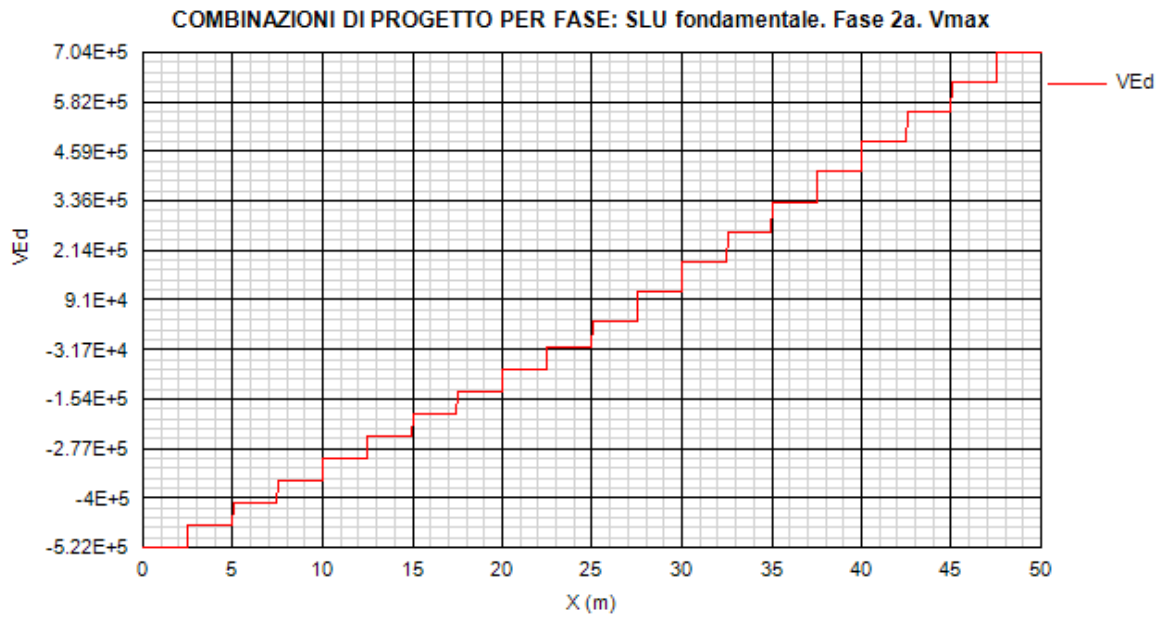


Figura 13.33:

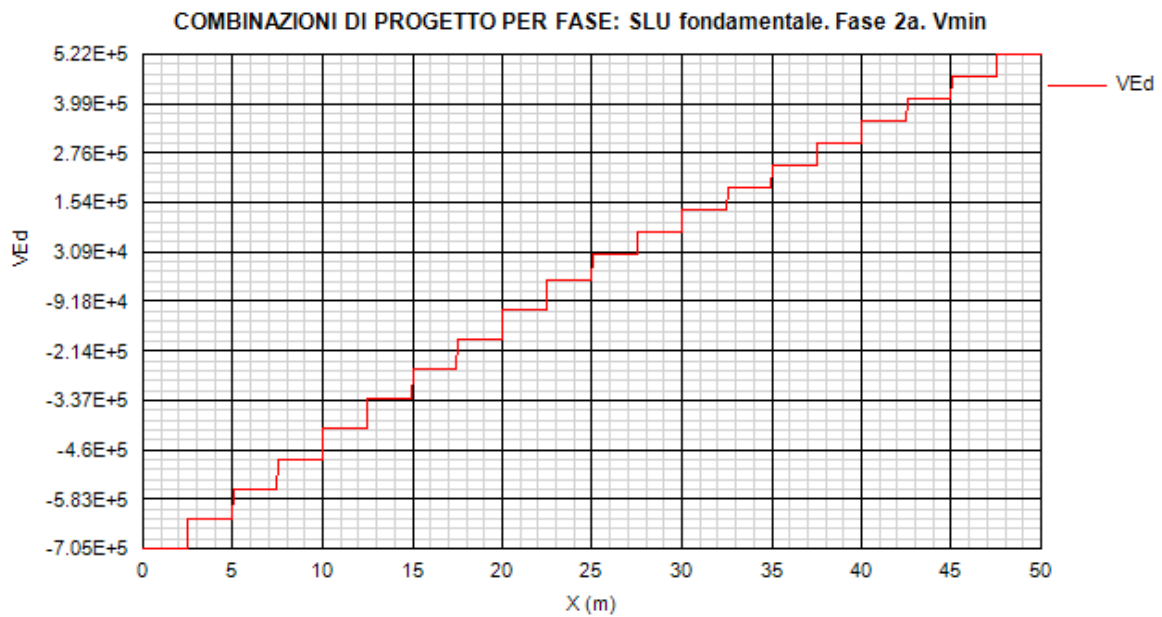


Figura 13.34:

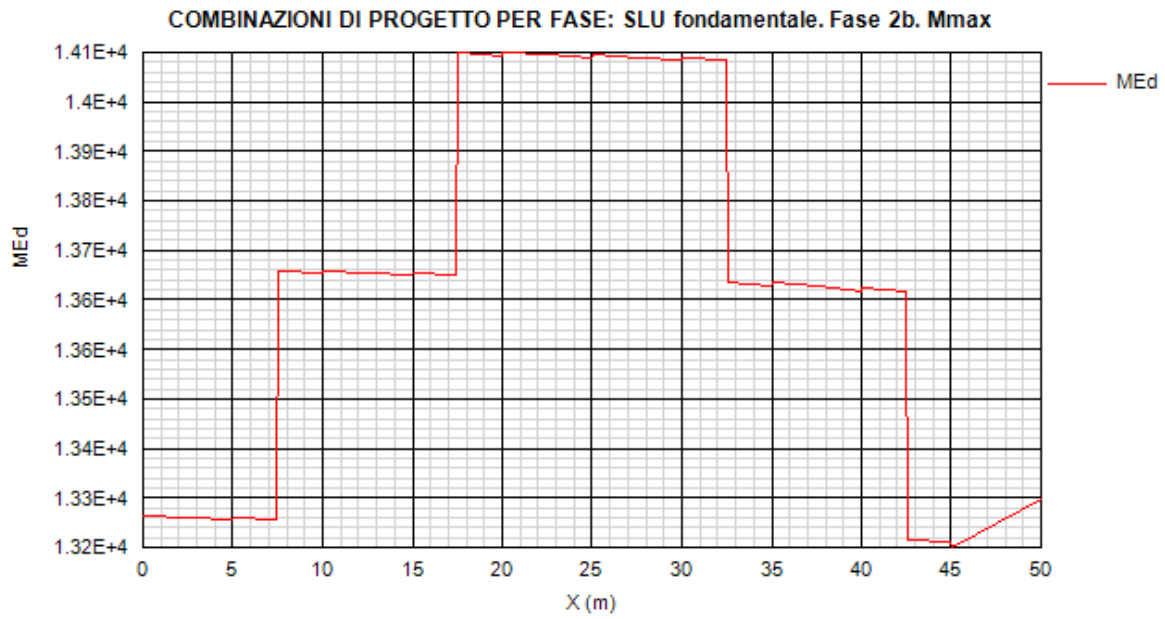


Figura 13.35:

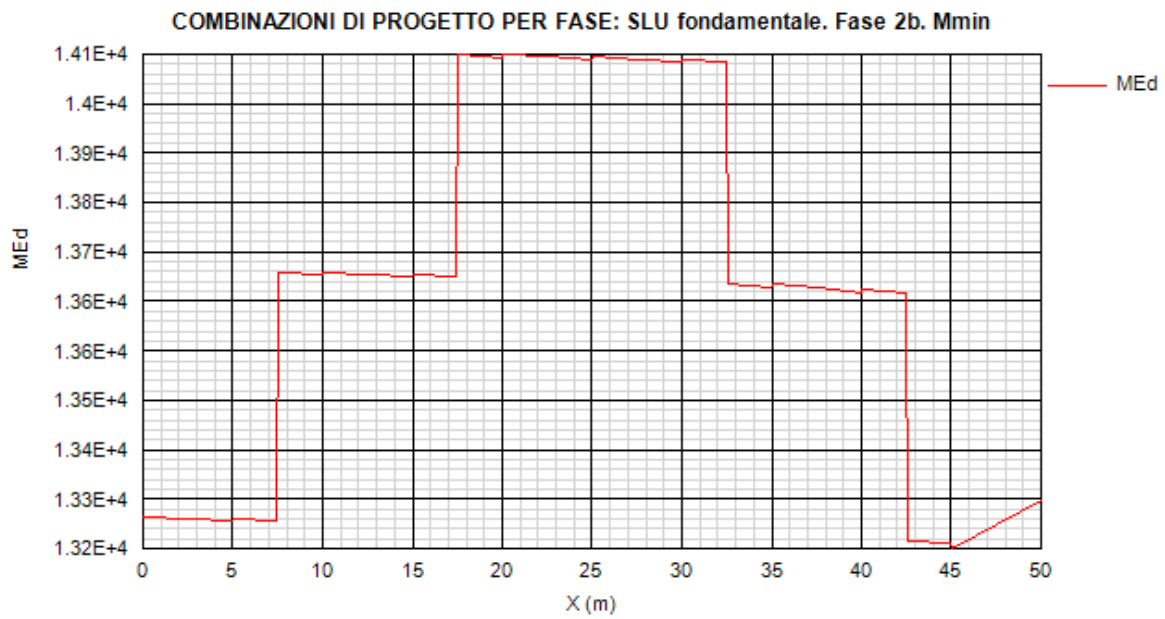


Figura 13.36:

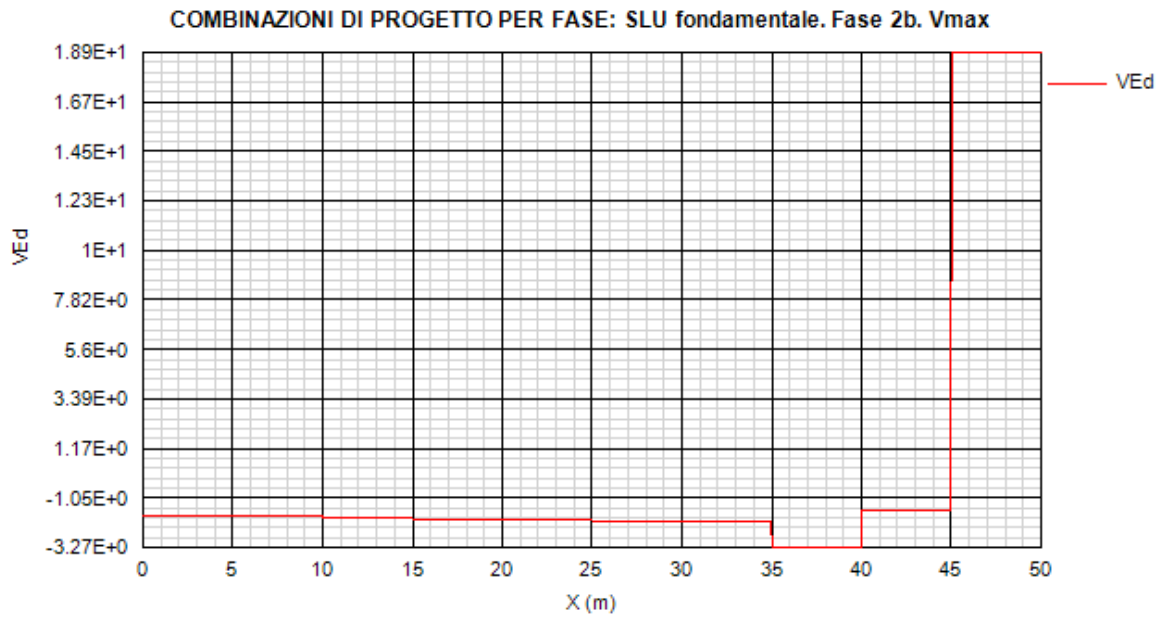


Figura 13.37:

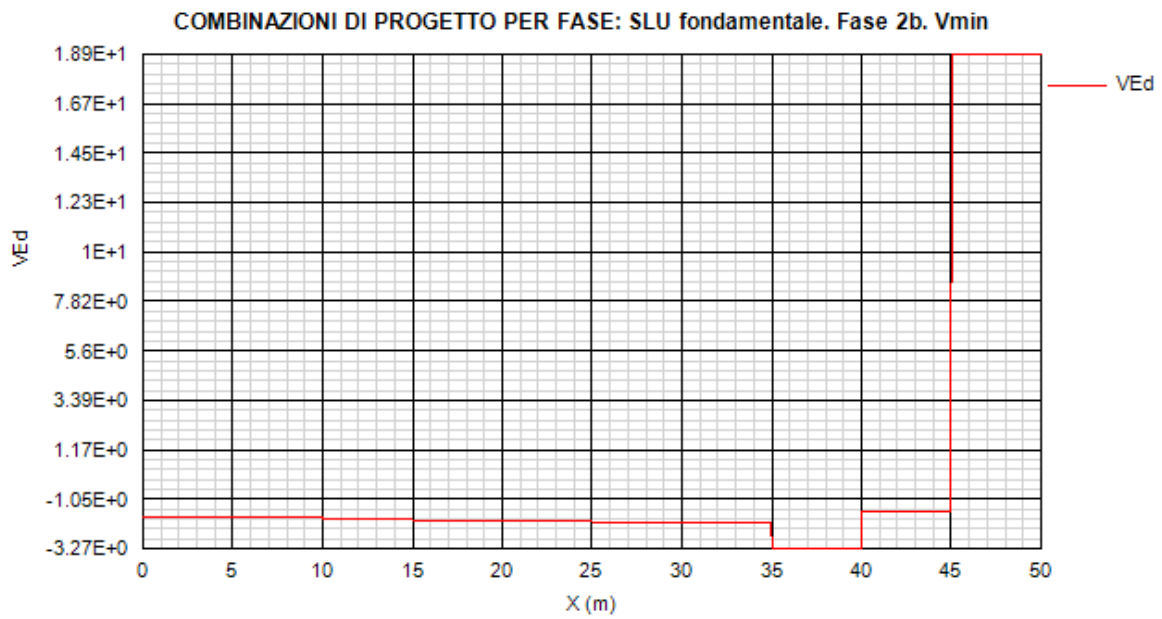


Figura 13.38:

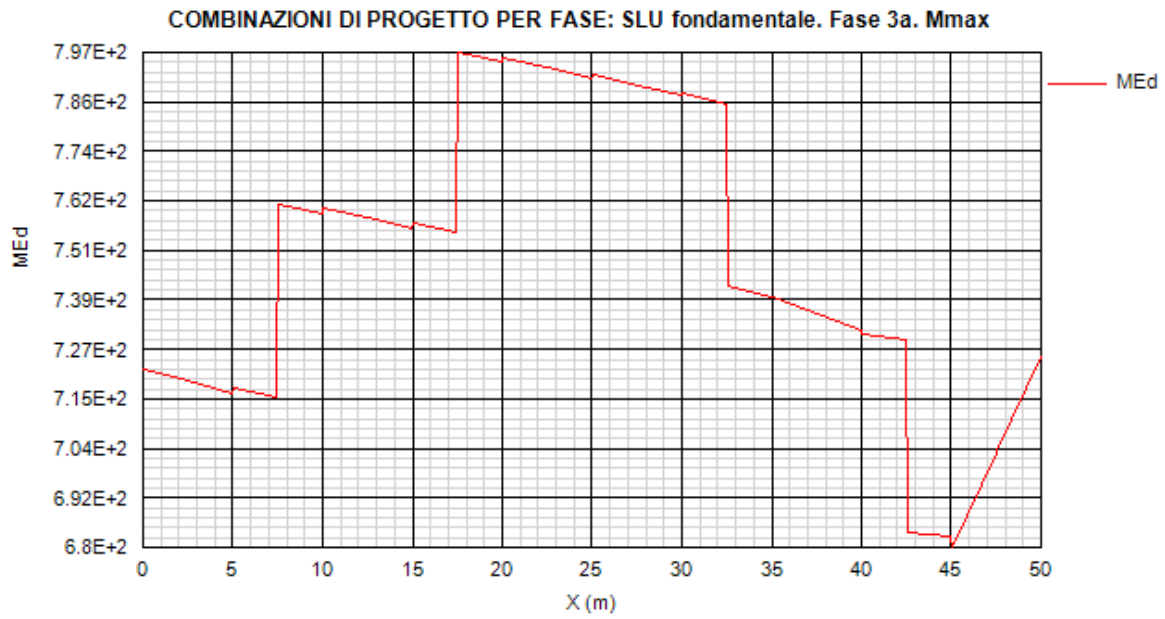


Figura 13.39:

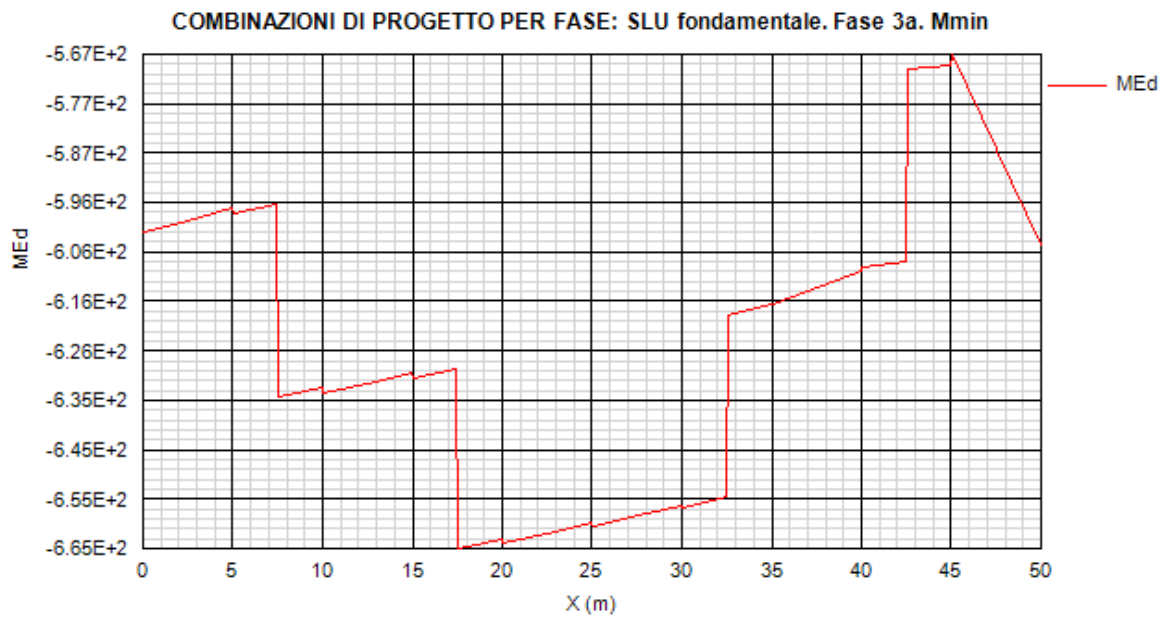


Figura 13.40:

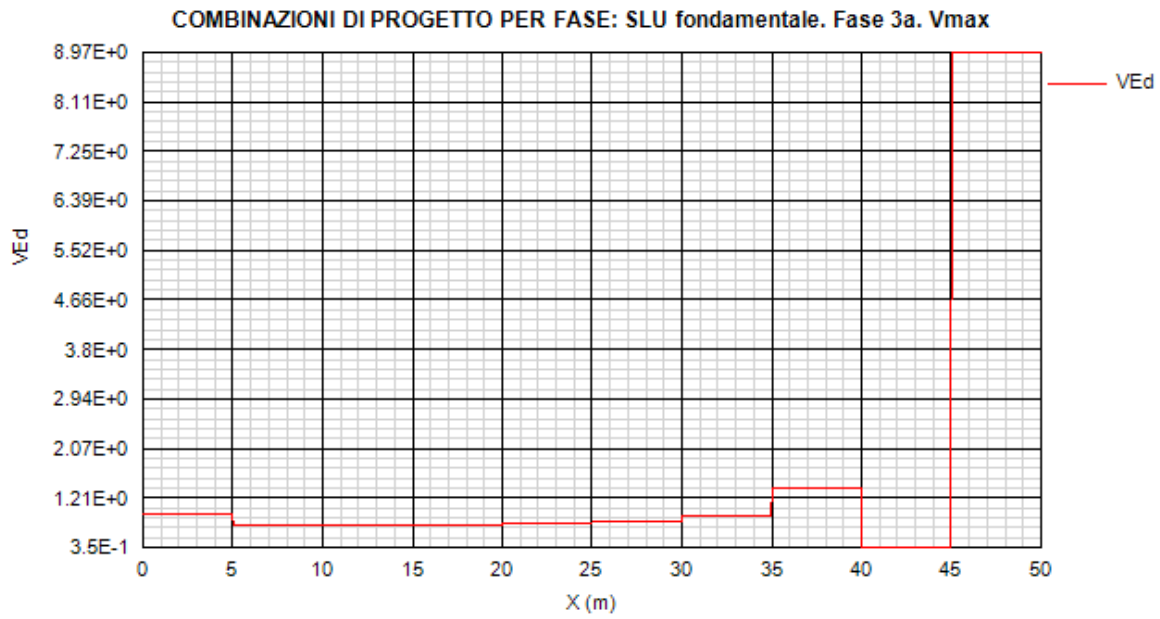


Figura 13.41:

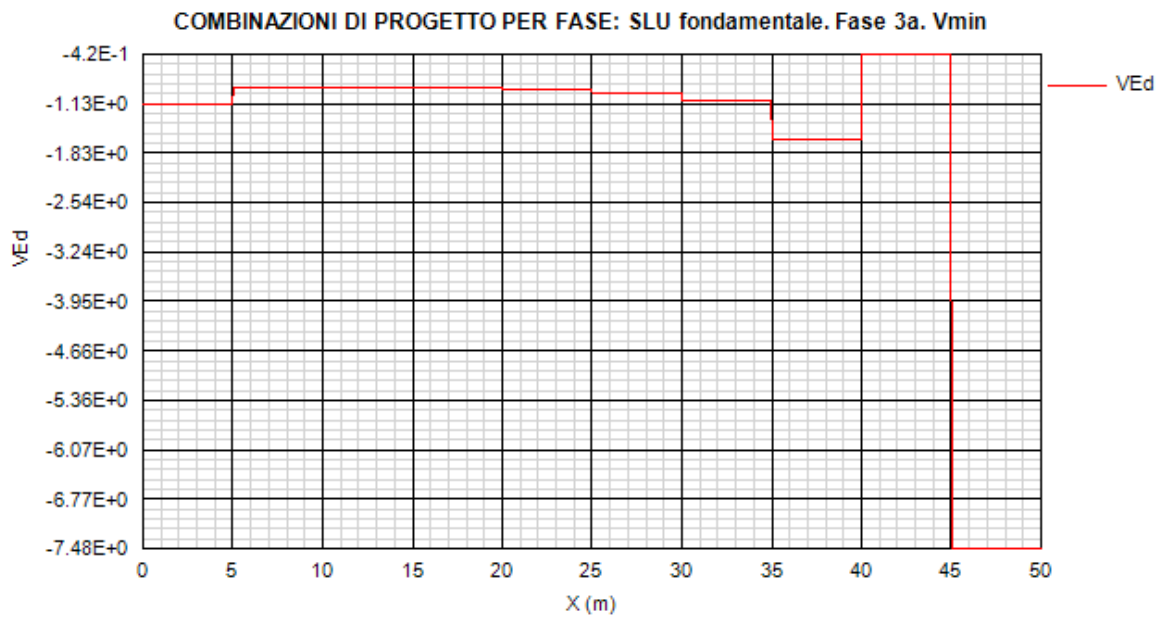


Figura 13.42:

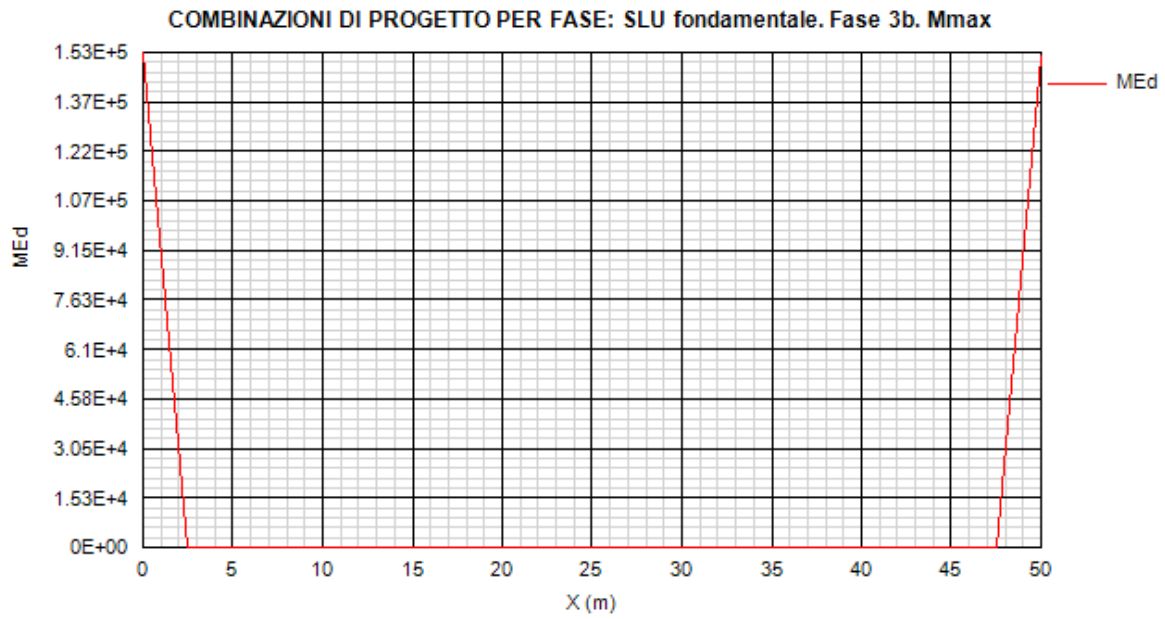


Figura 13.43:

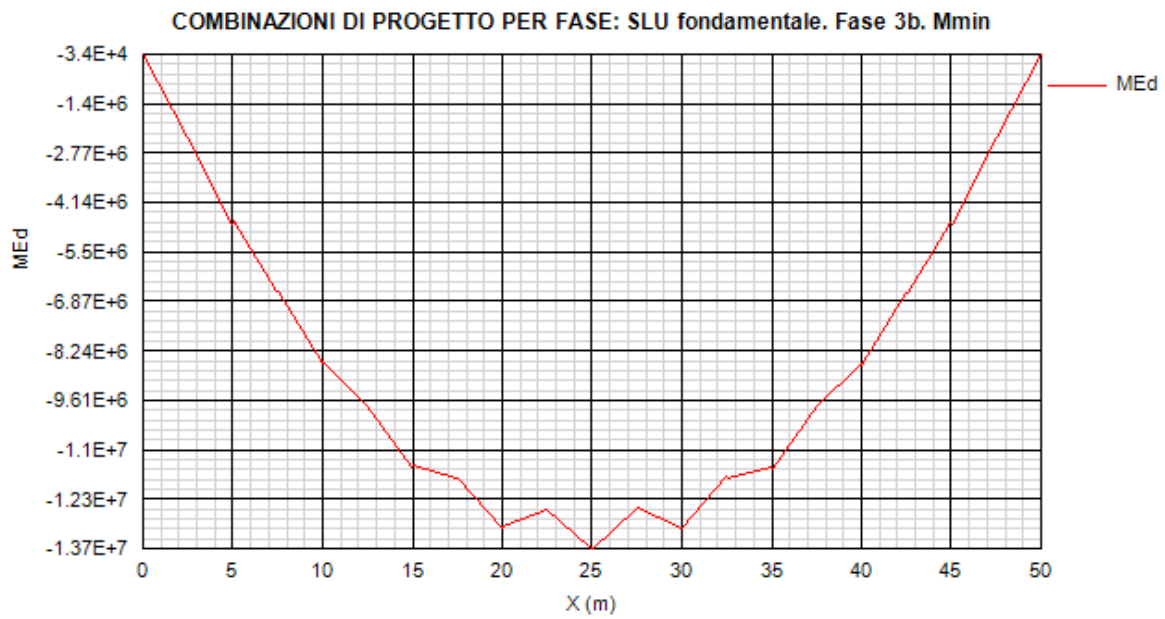


Figura 13.44:

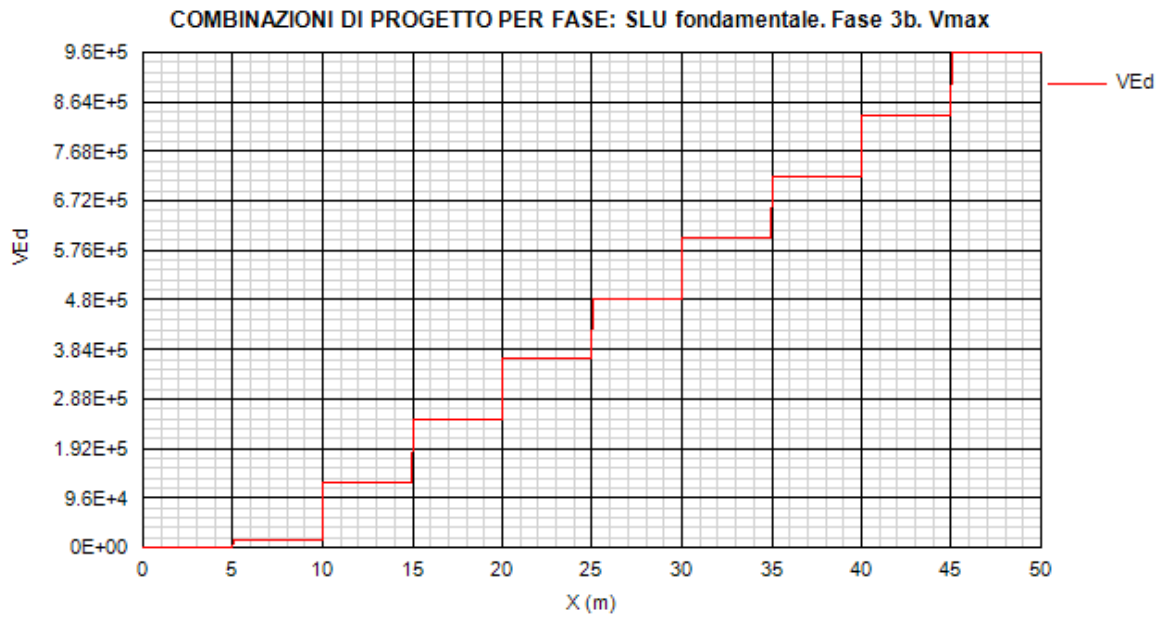


Figura 13.45:

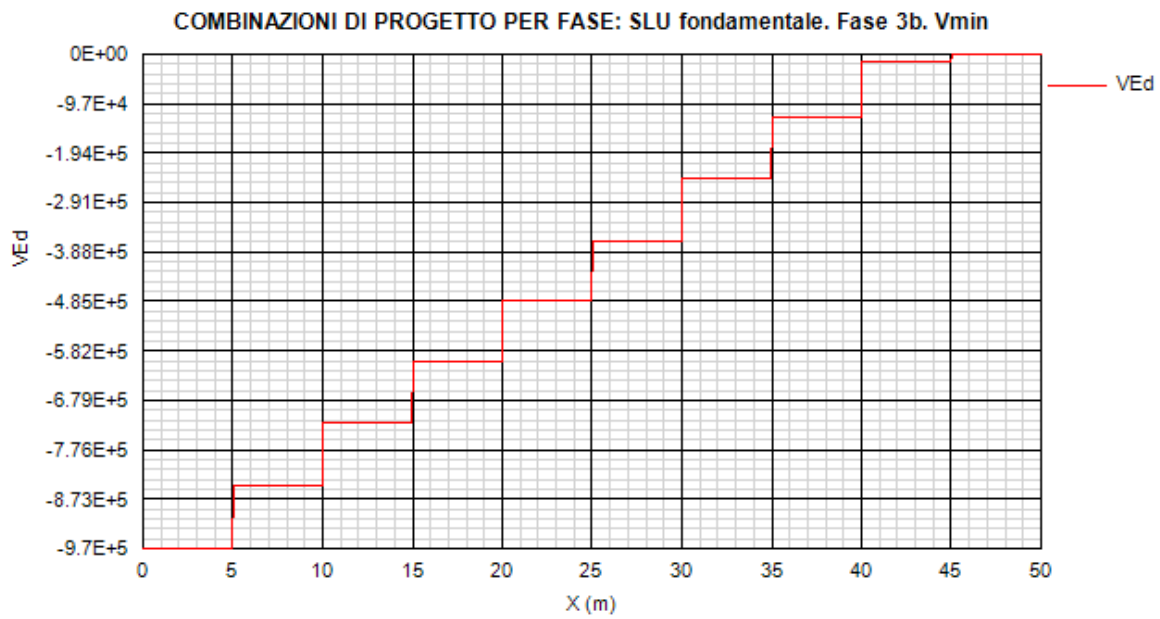


Figura 13.46:

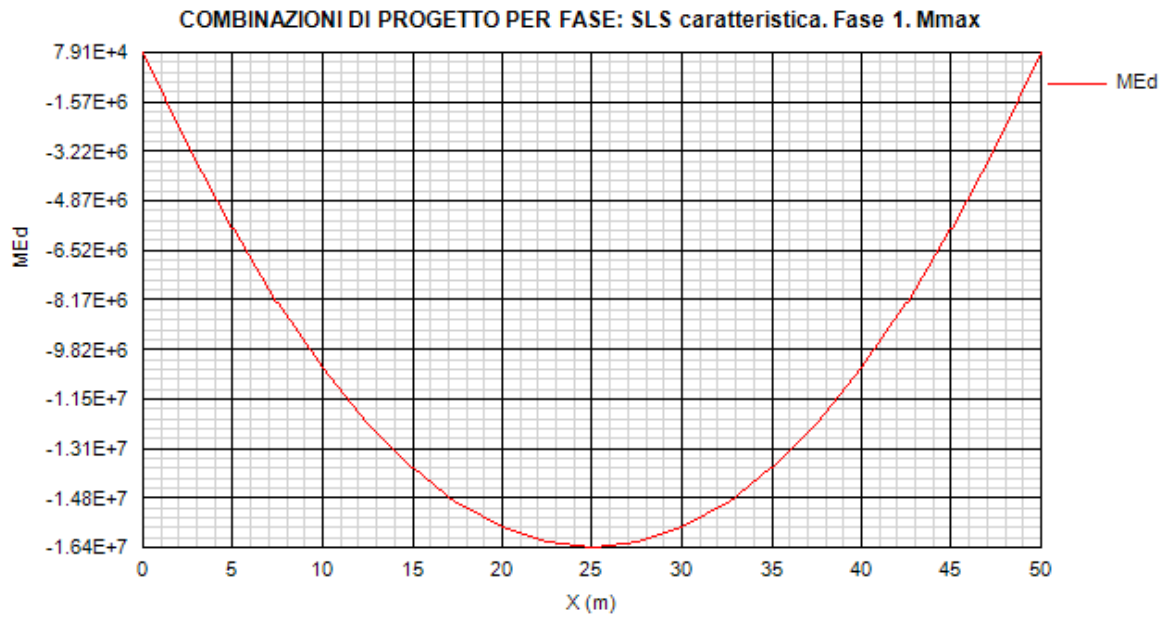


Figura 13.47:

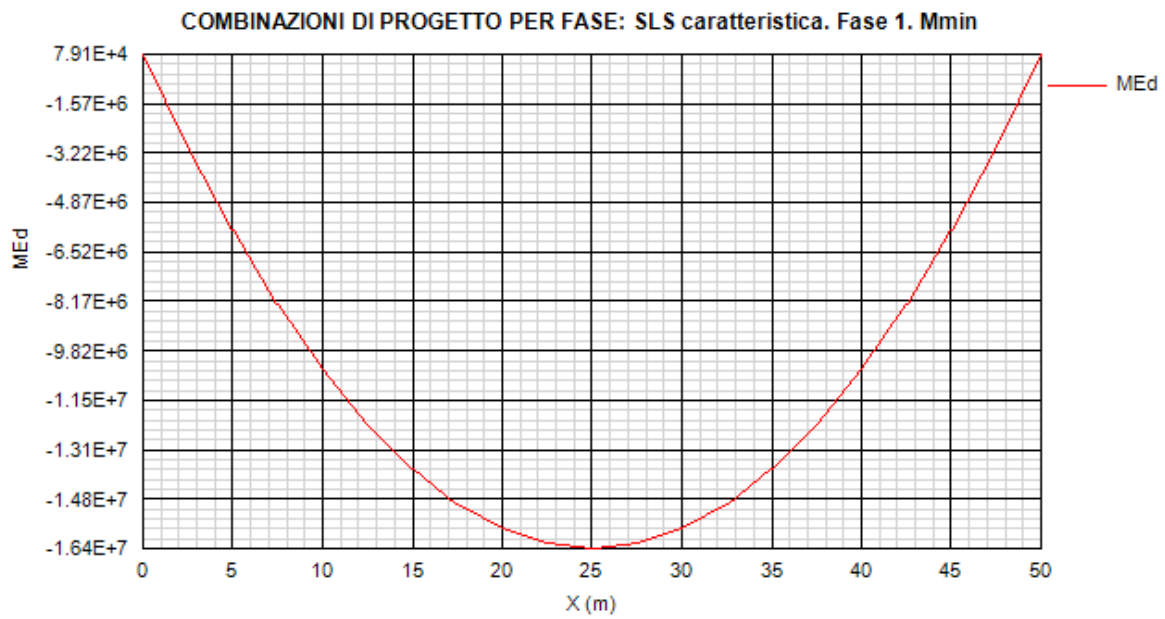


Figura 13.48:

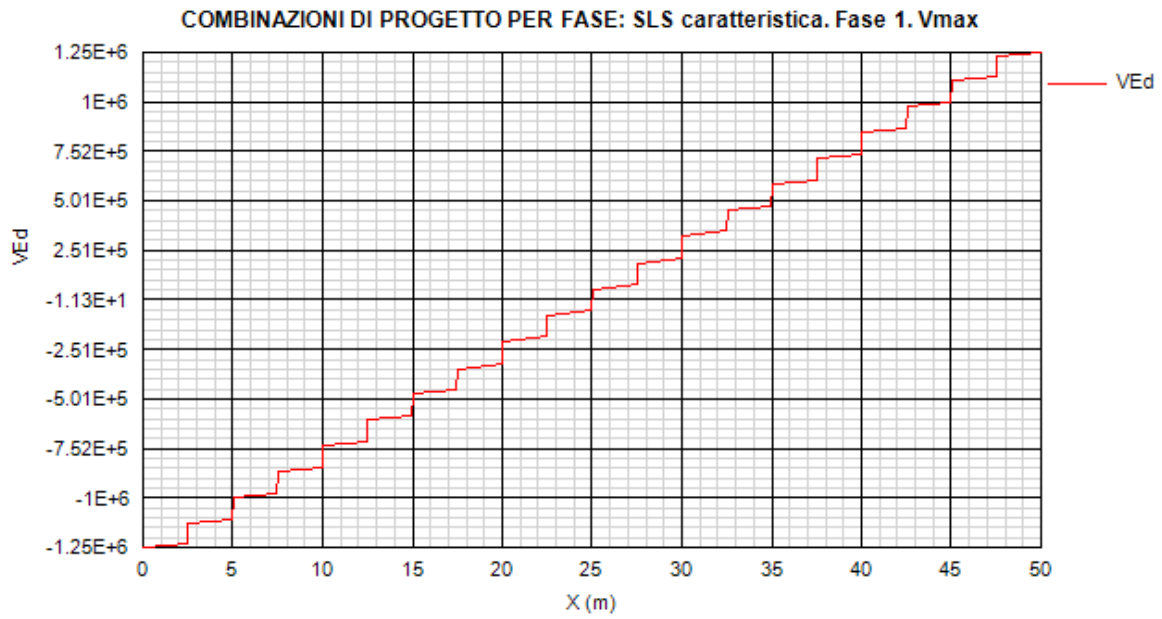


Figura 13.49:

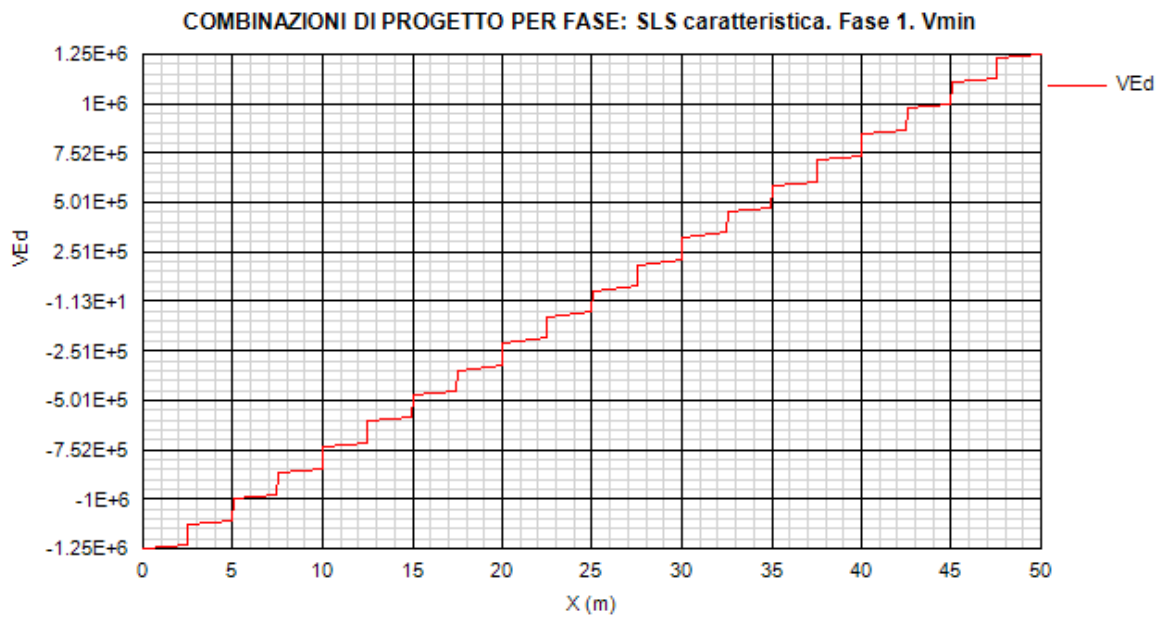


Figura 13.50:

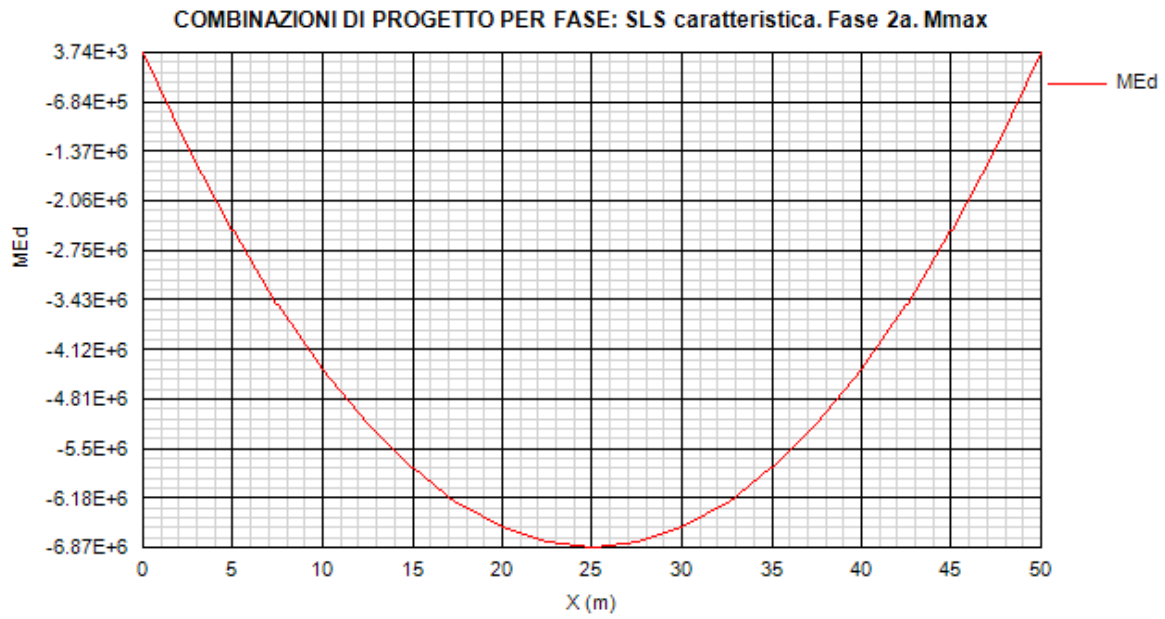


Figura 13.51:

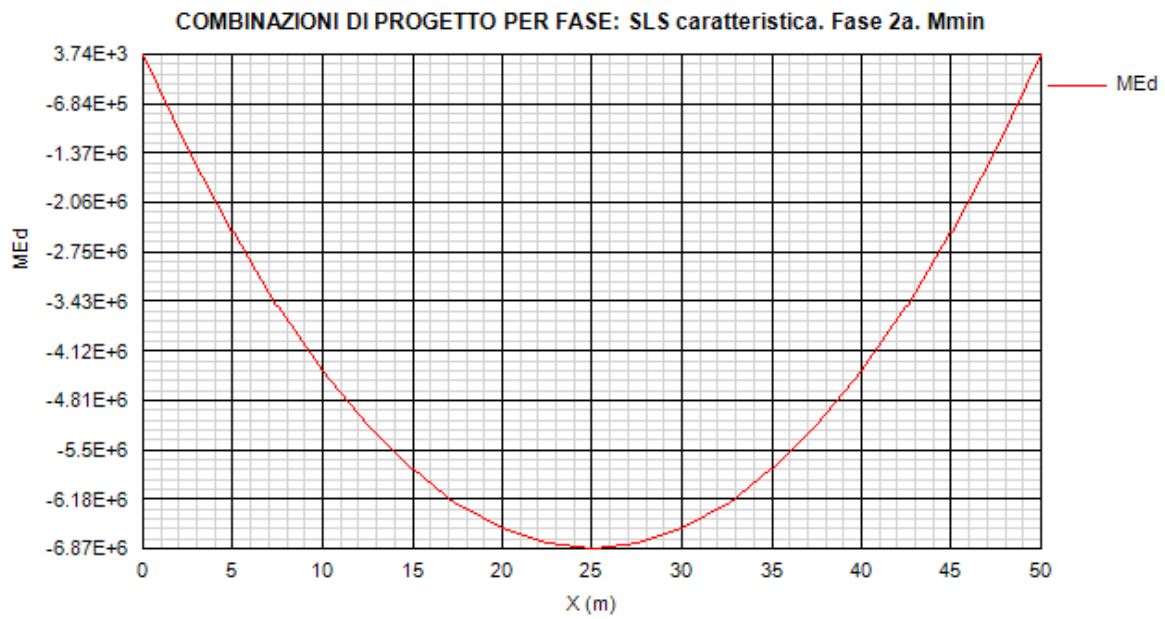


Figura 13.52:

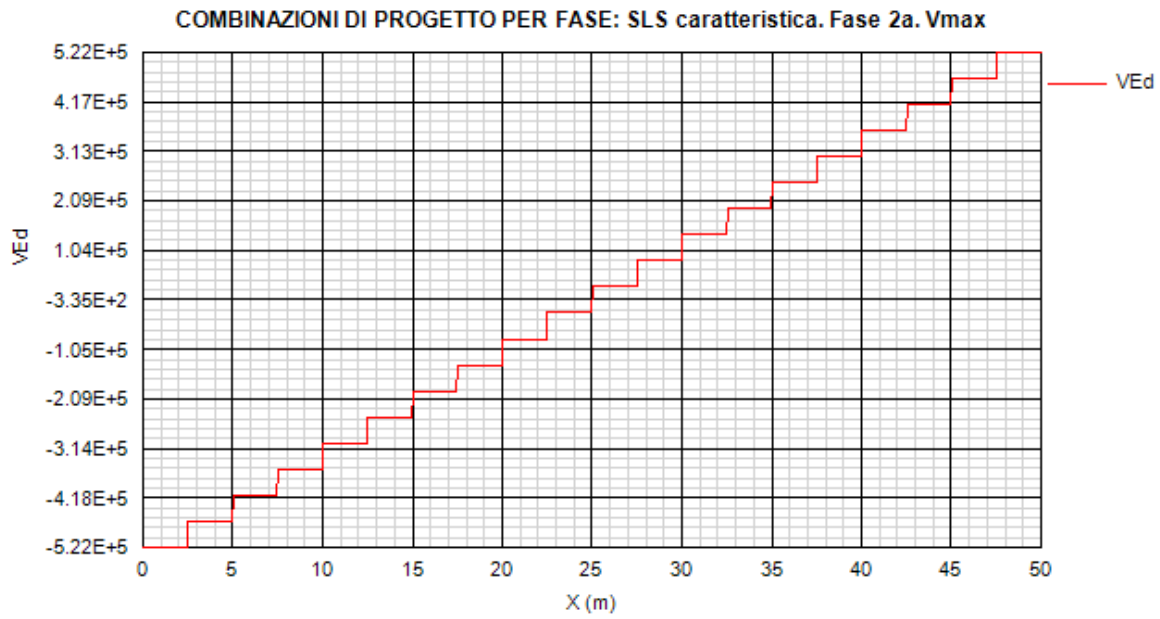


Figura 13.53:

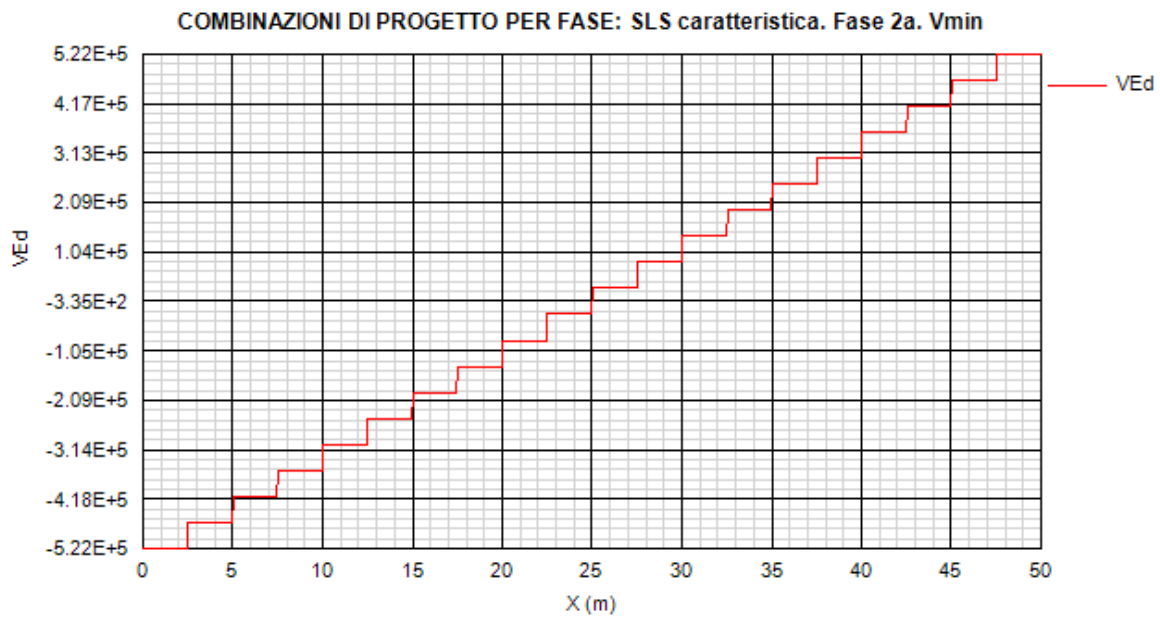


Figura 13.54:

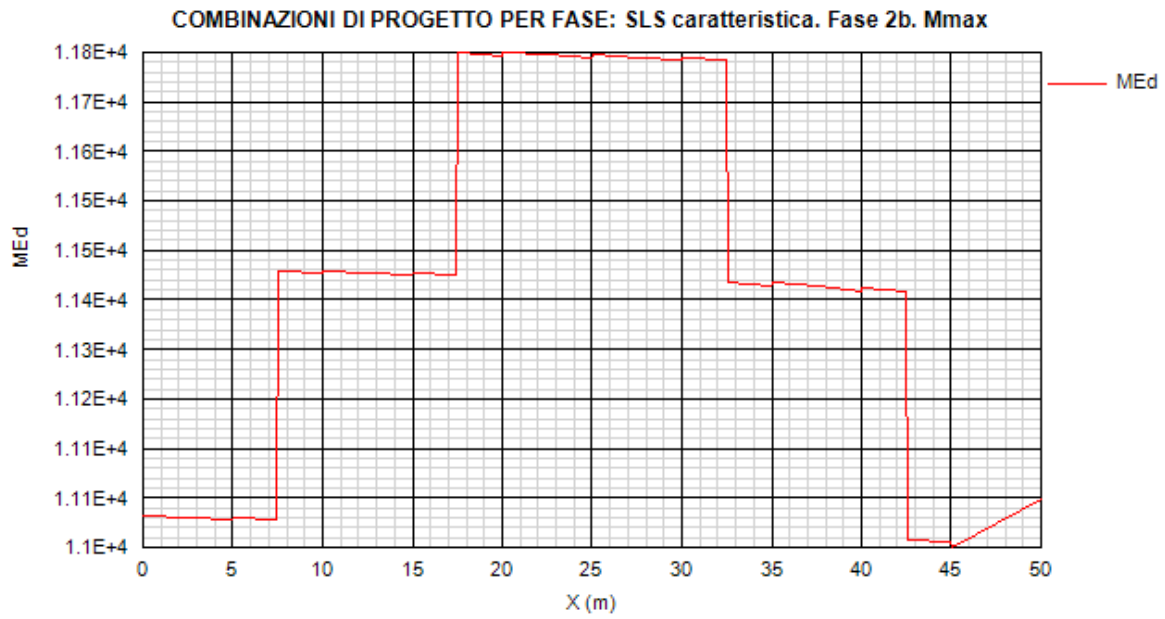


Figura 13.55:

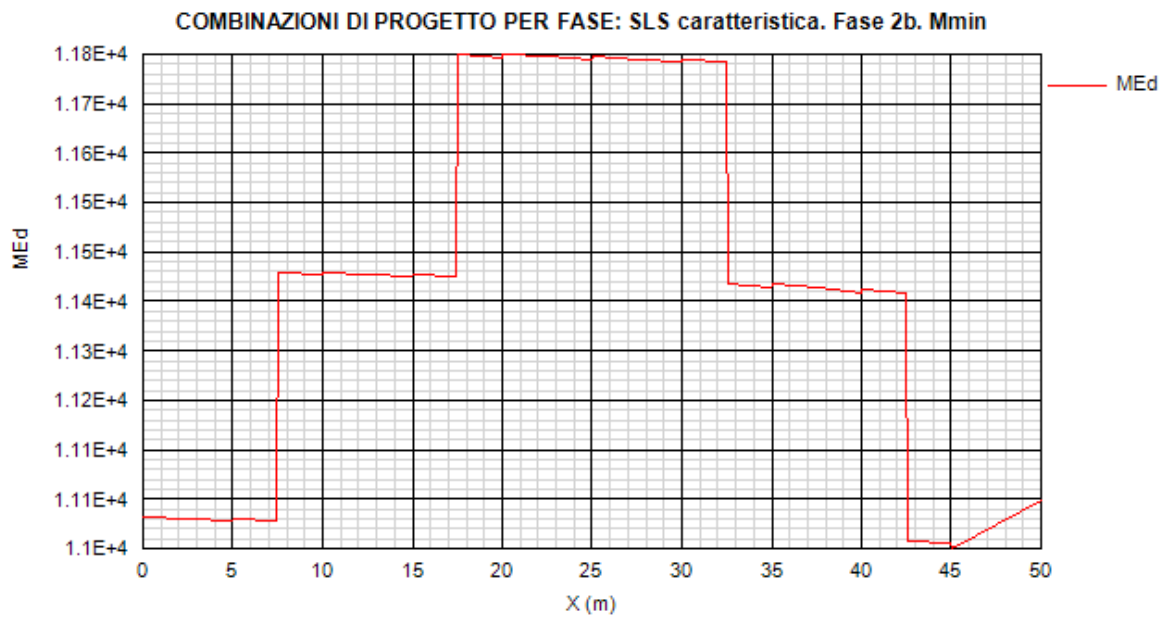


Figura 13.56:

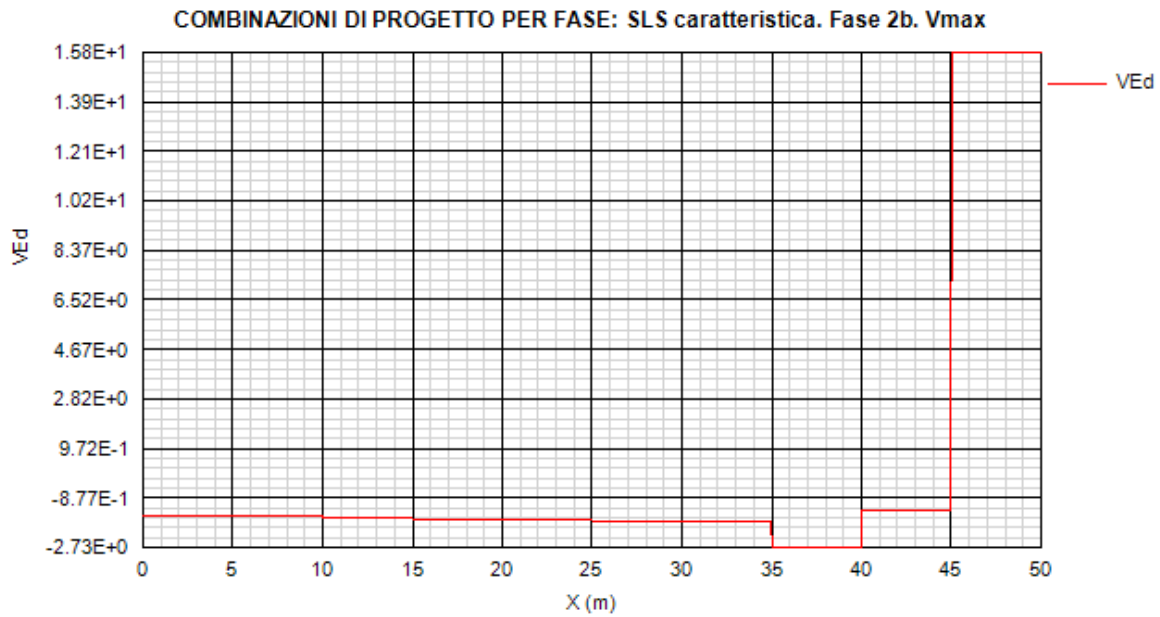


Figura 13.57:

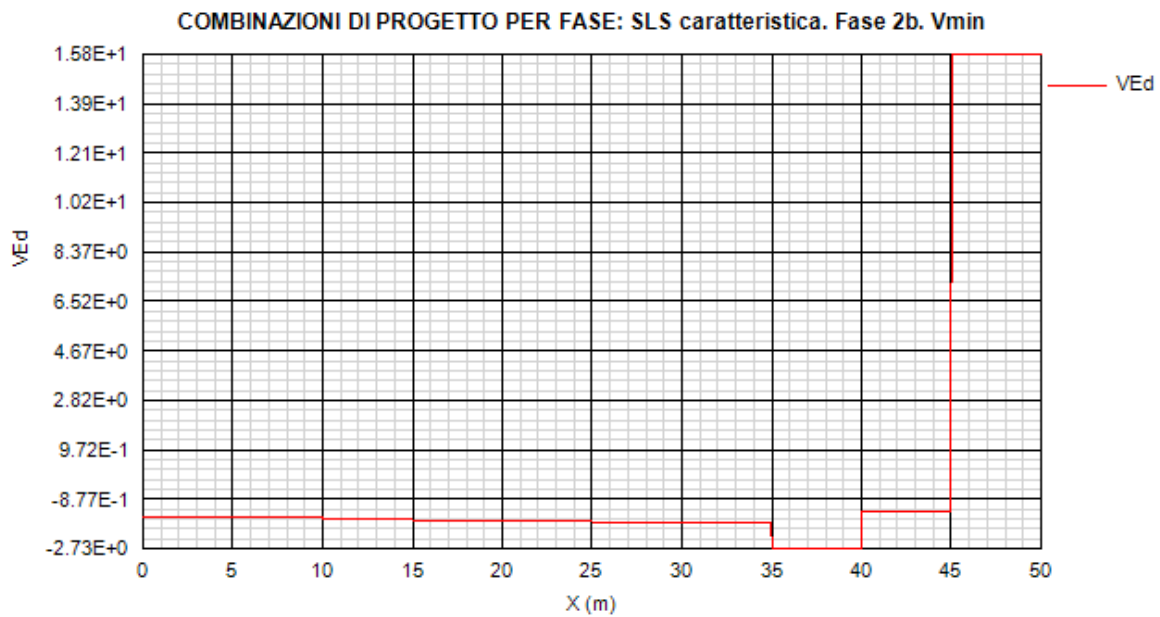


Figura 13.58:

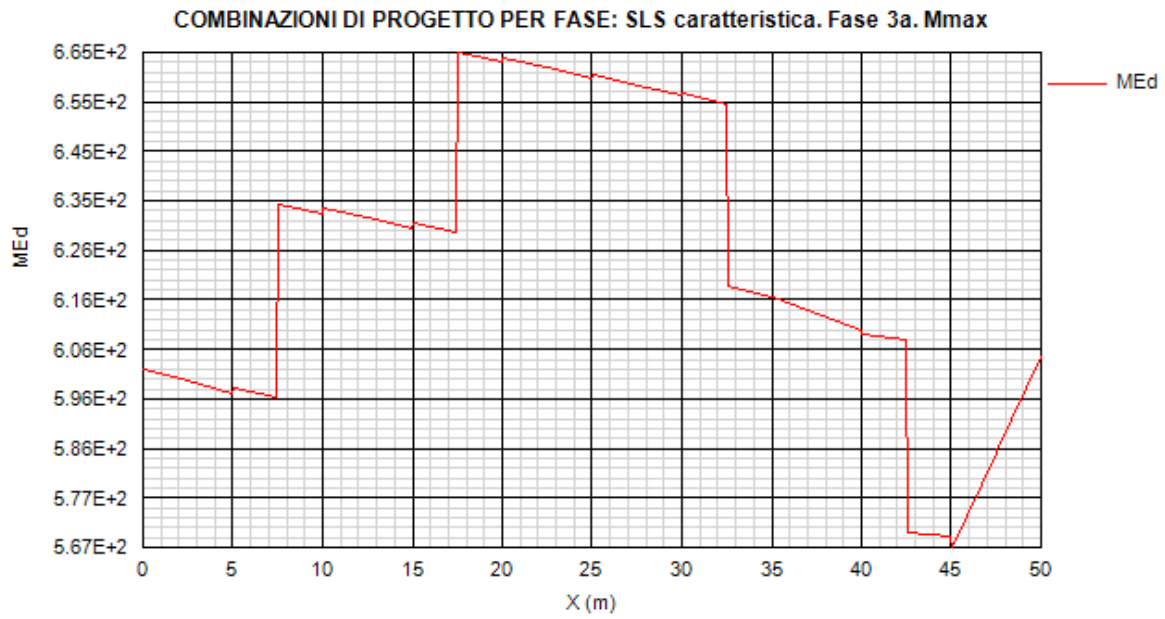


Figura 13.59:

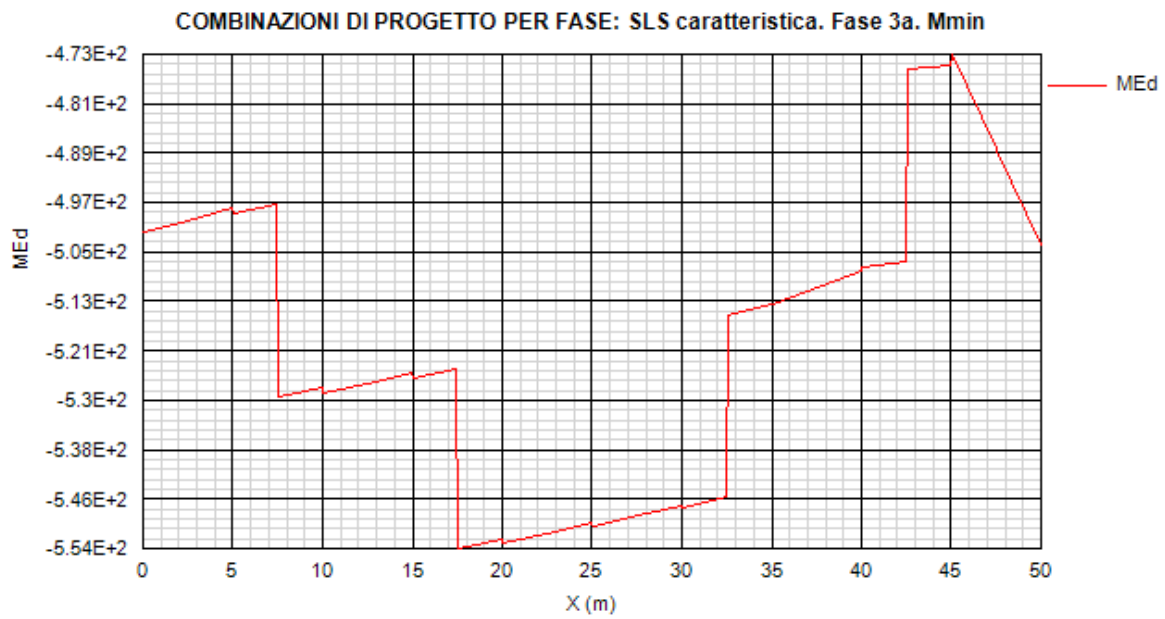


Figura 13.60:

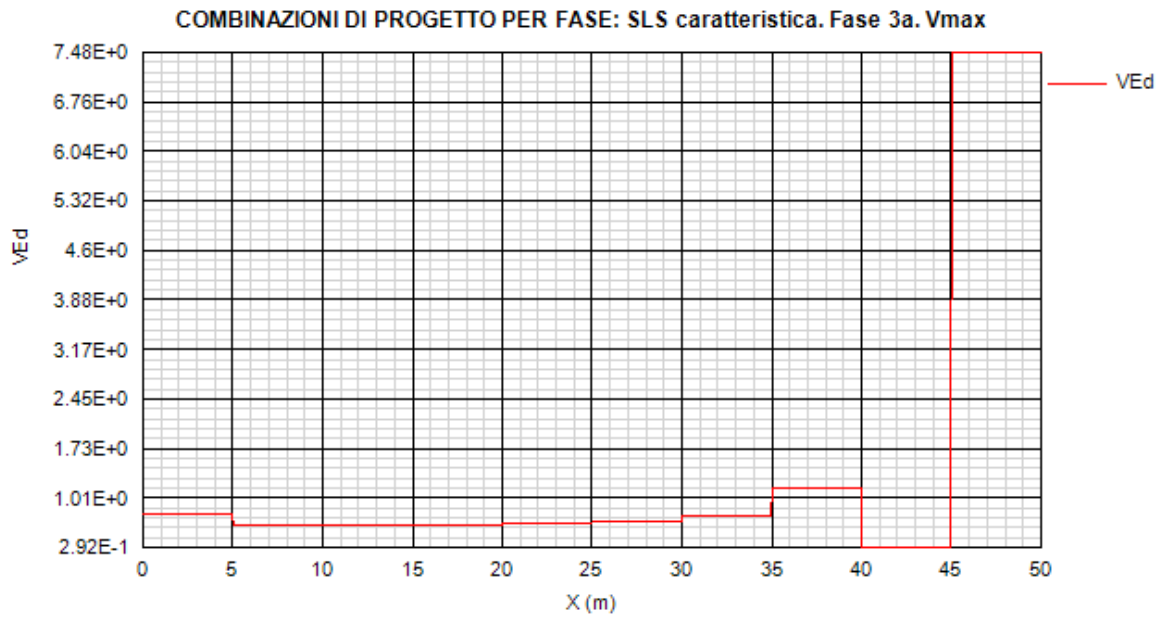


Figura 13.61:

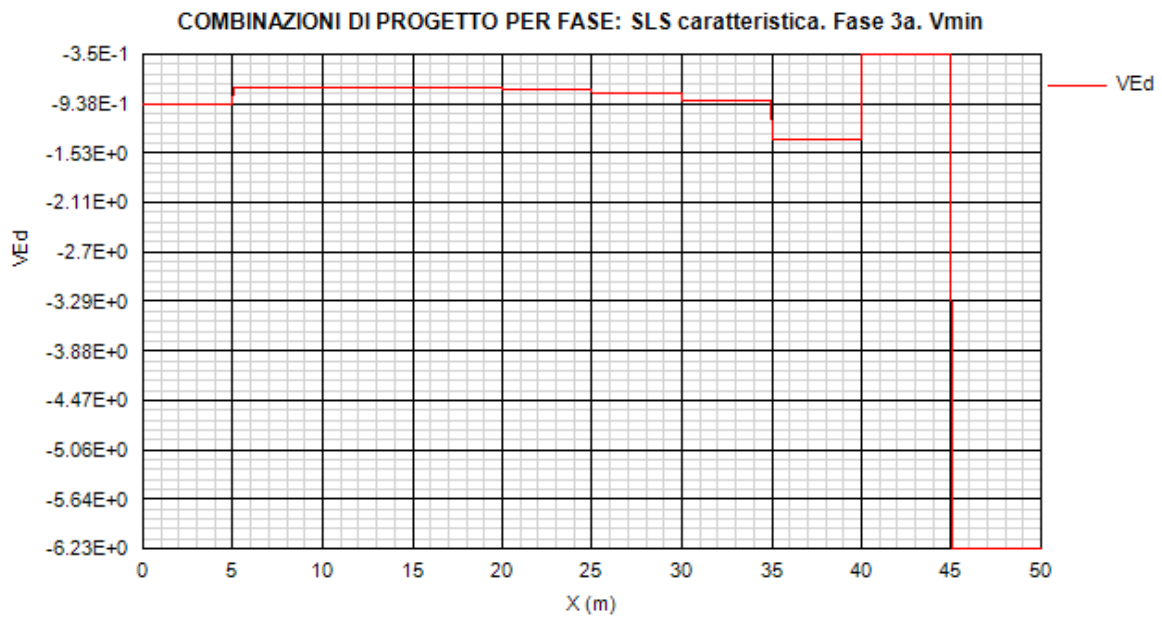


Figura 13.62:

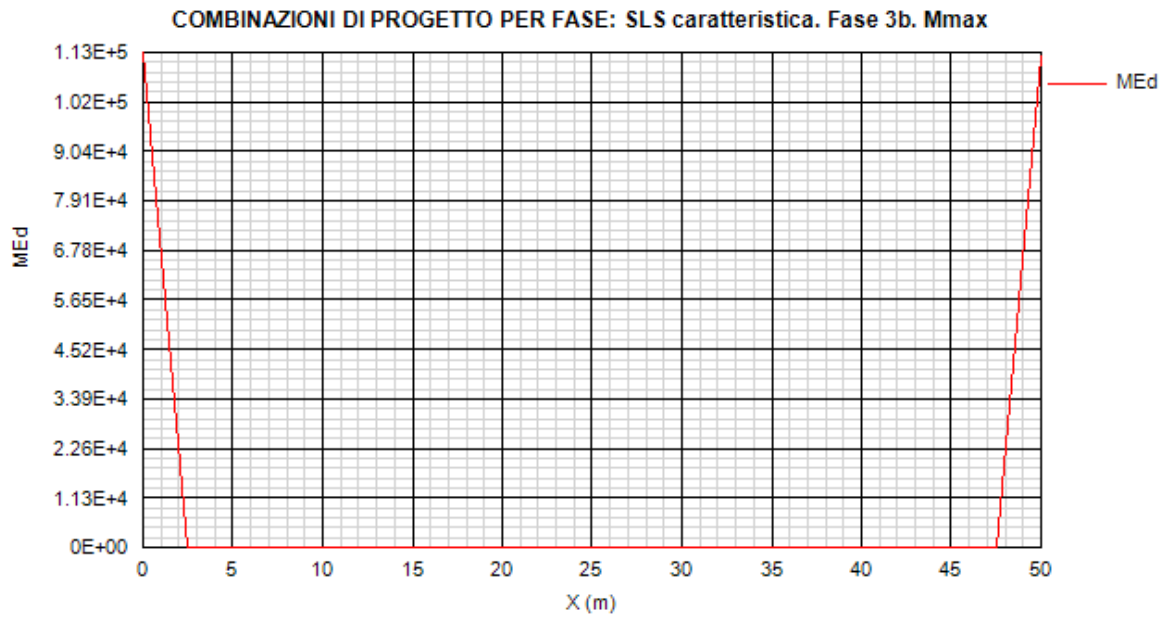


Figura 13.63:

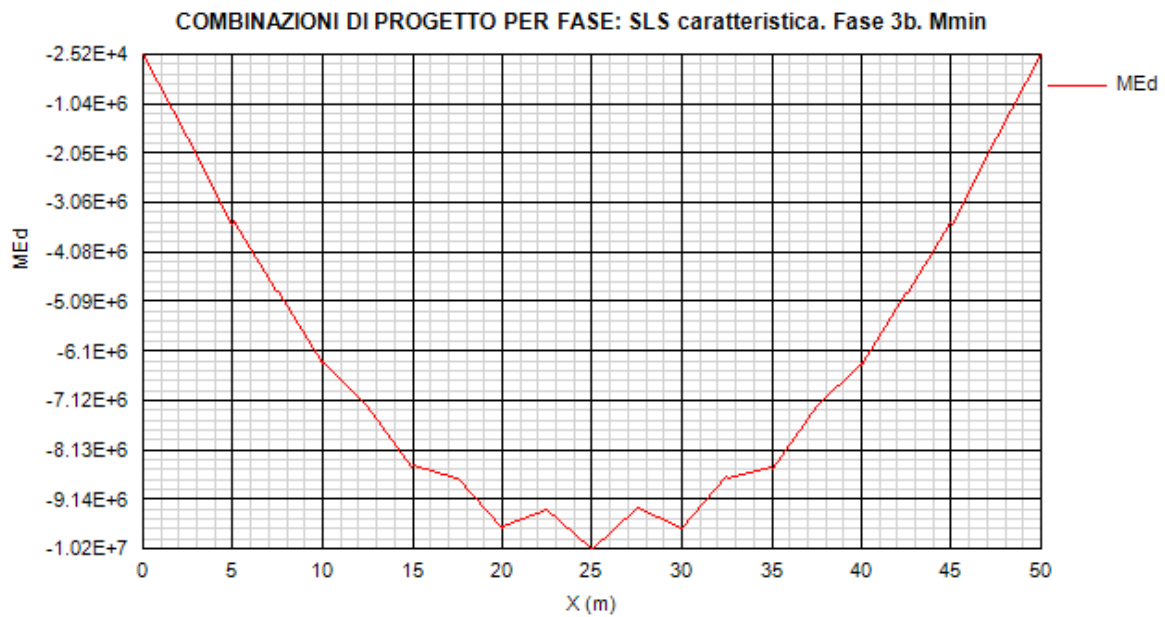


Figura 13.64:

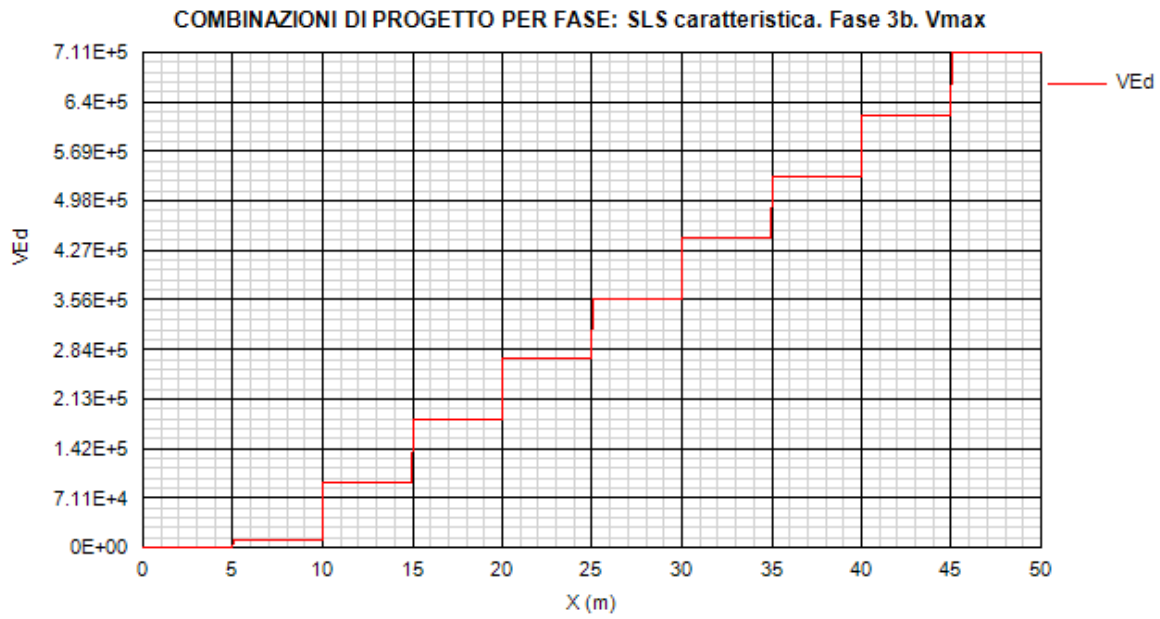


Figura 13.65:

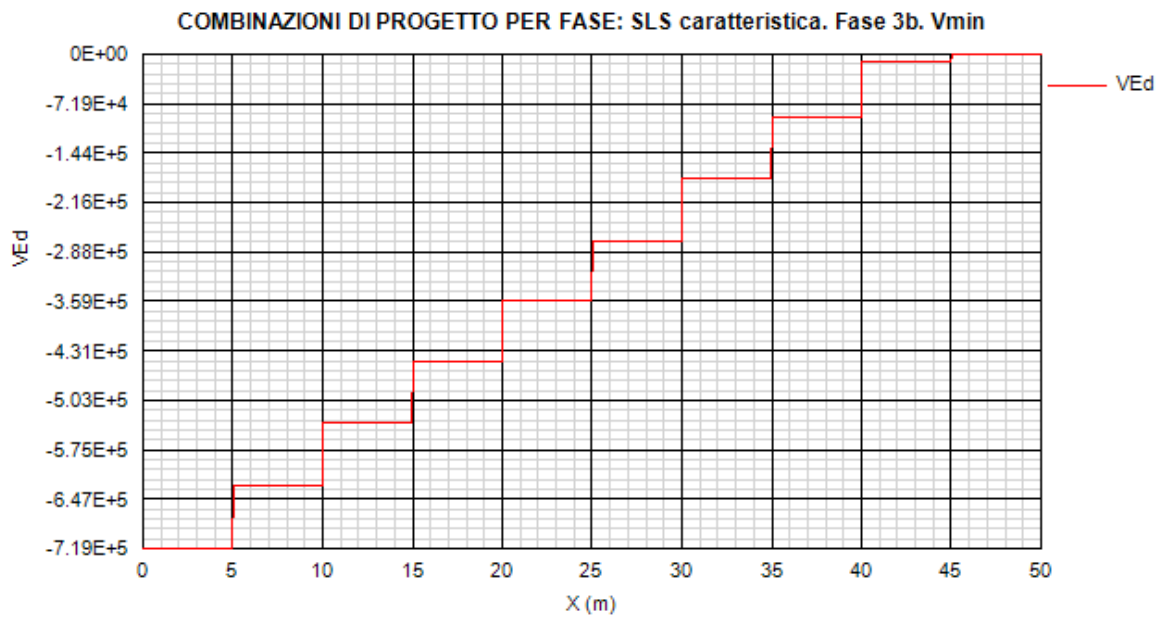


Figura 13.66:

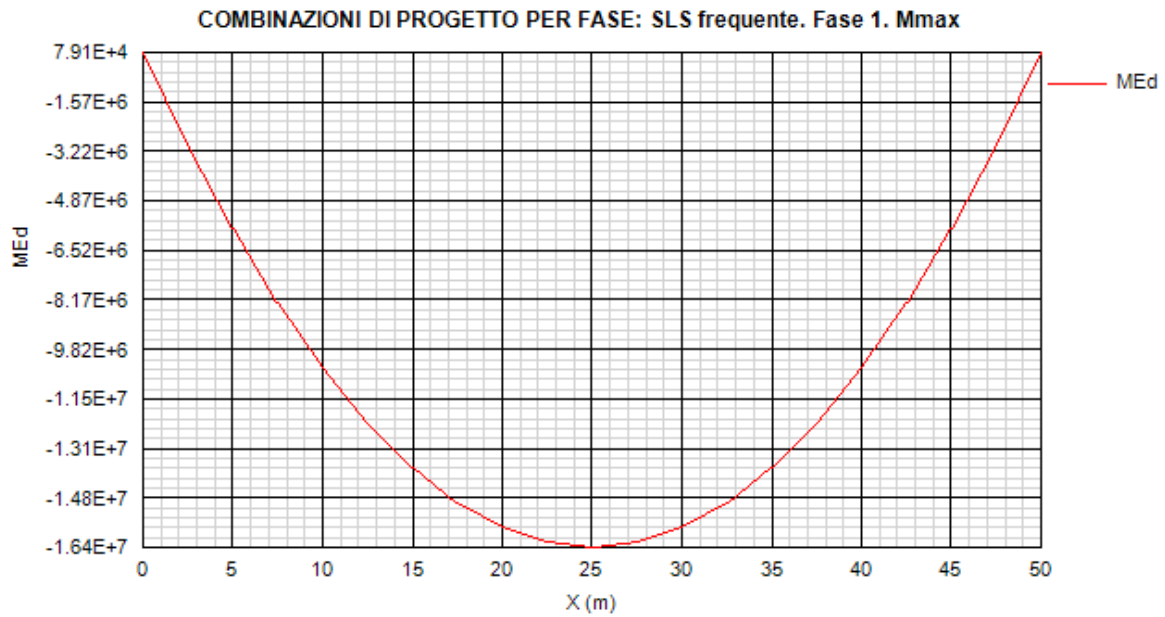


Figura 13.67:

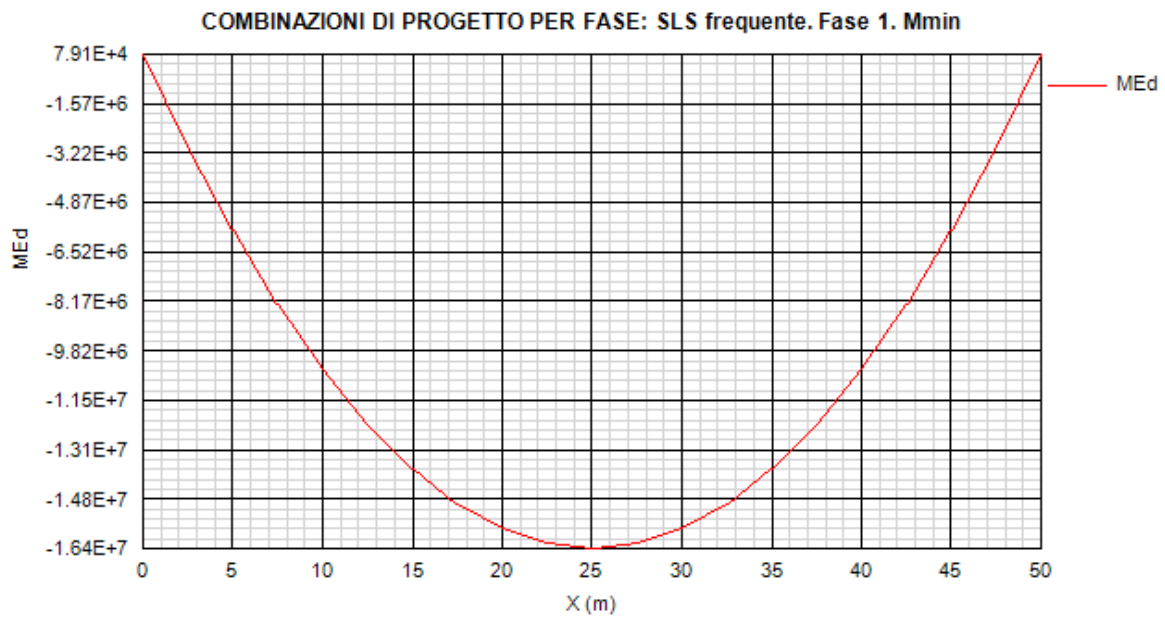


Figura 13.68:

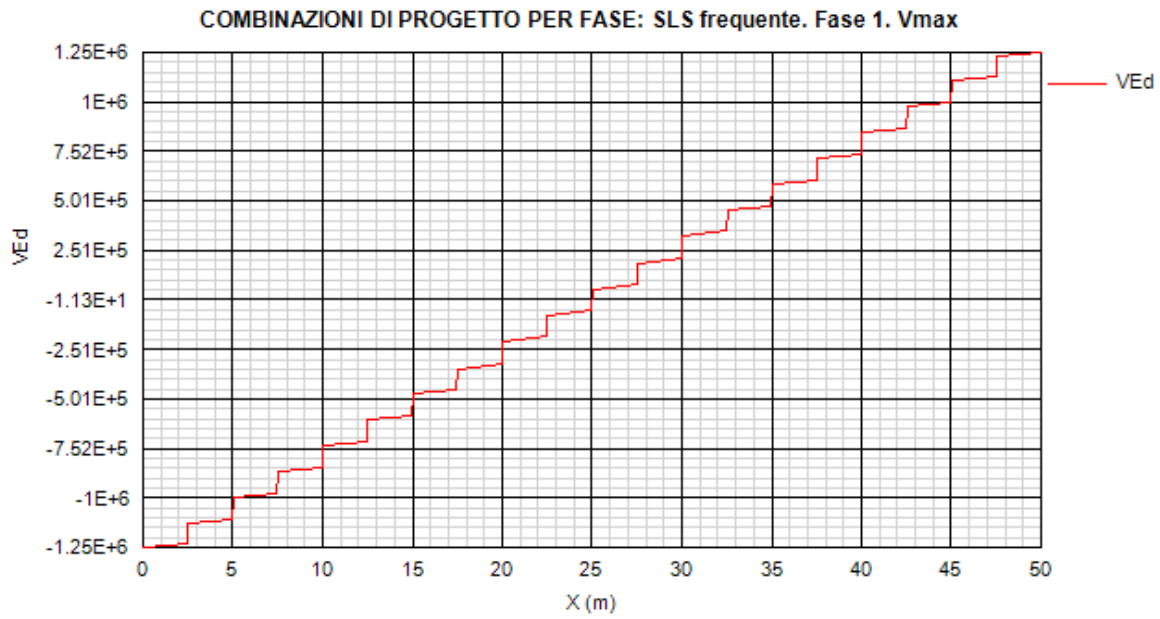


Figura 13.69:

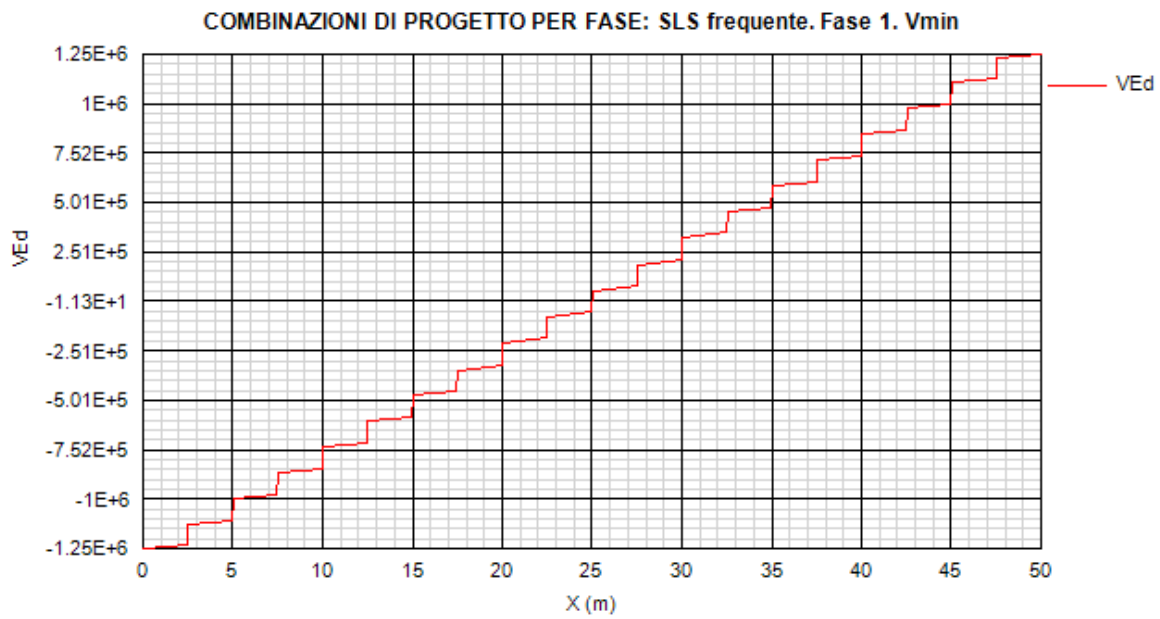


Figura 13.70:

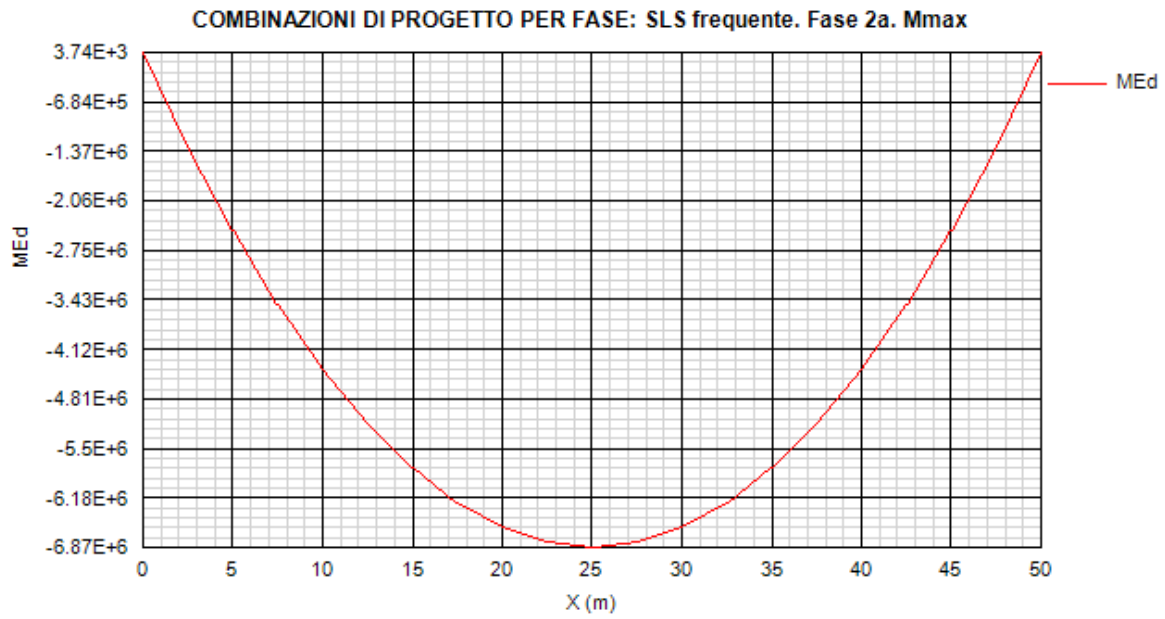


Figura 13.71:

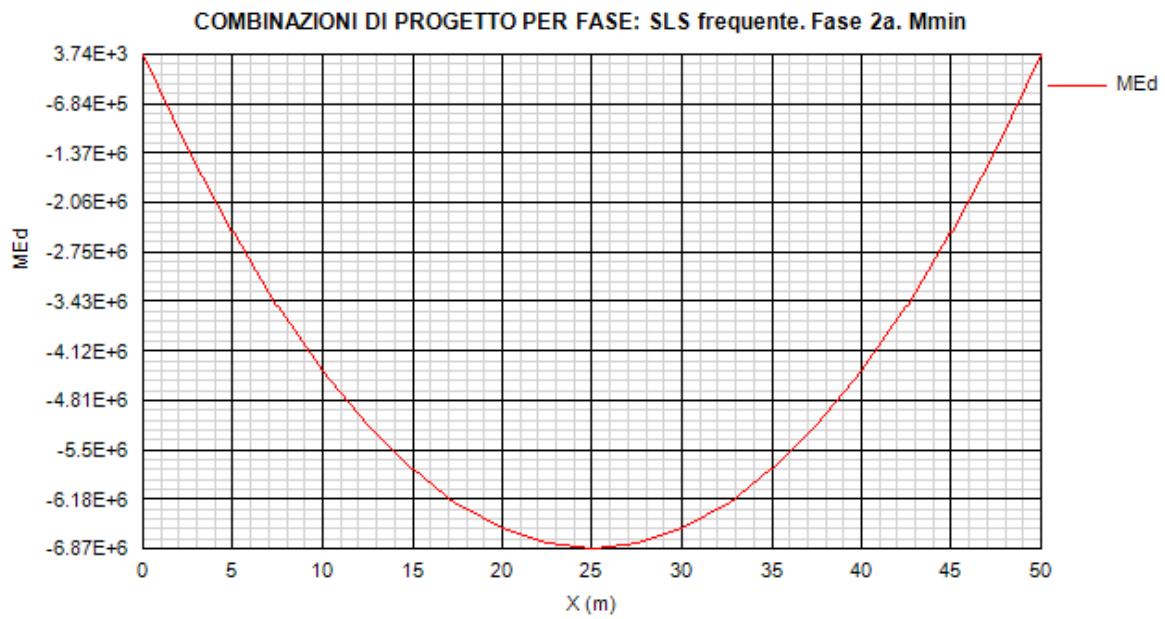


Figura 13.72:

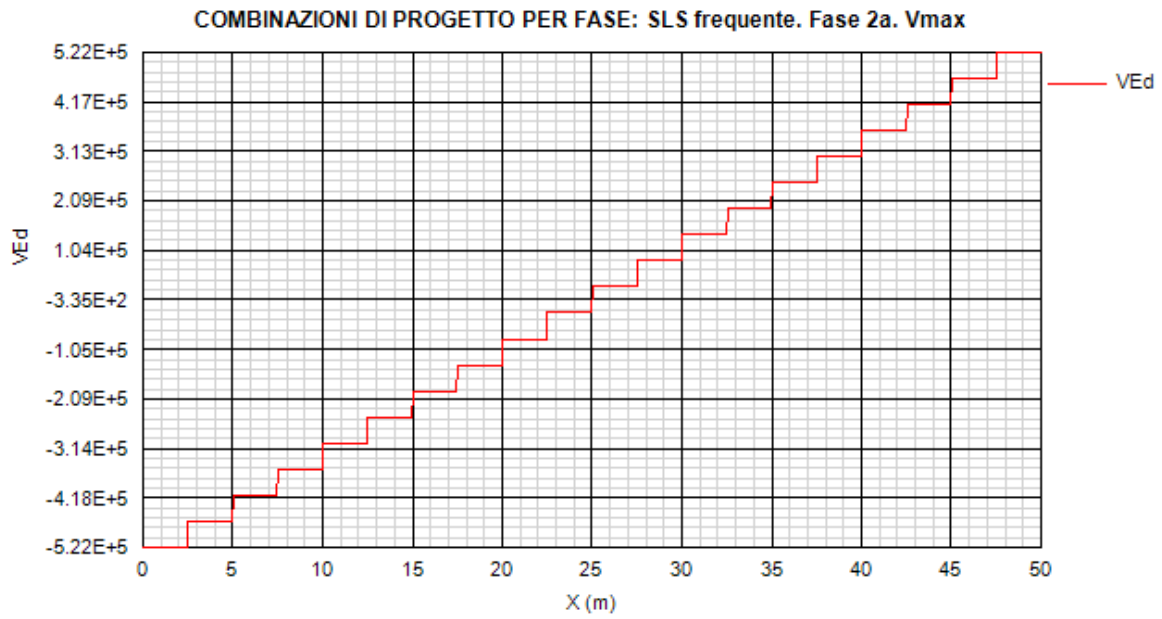


Figura 13.73:

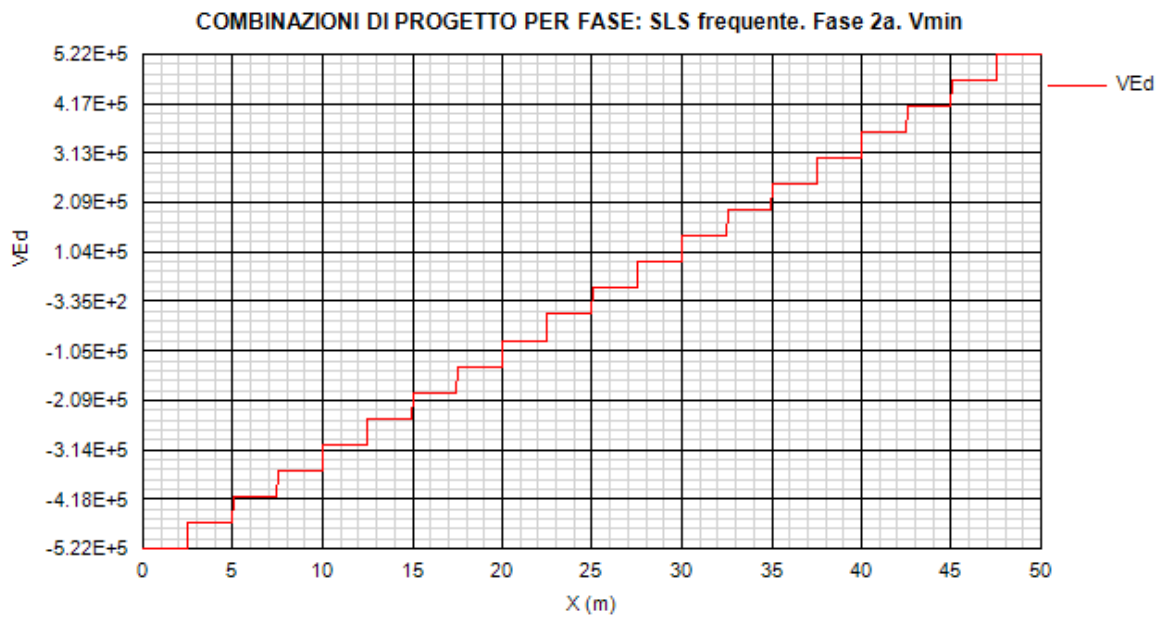


Figura 13.74:

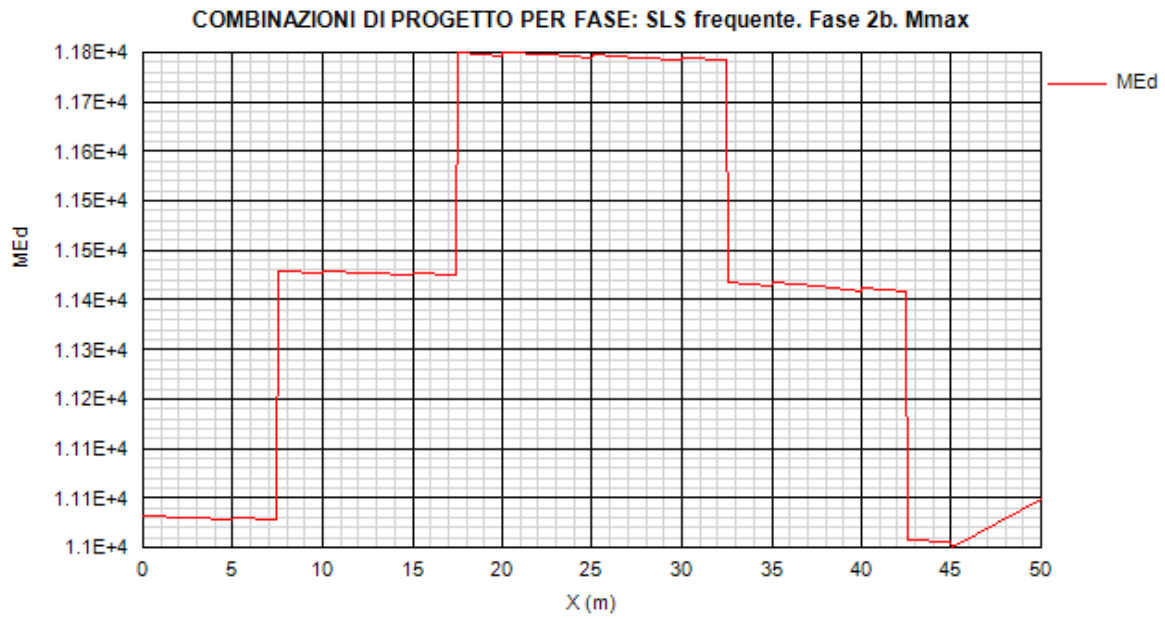


Figura 13.75:

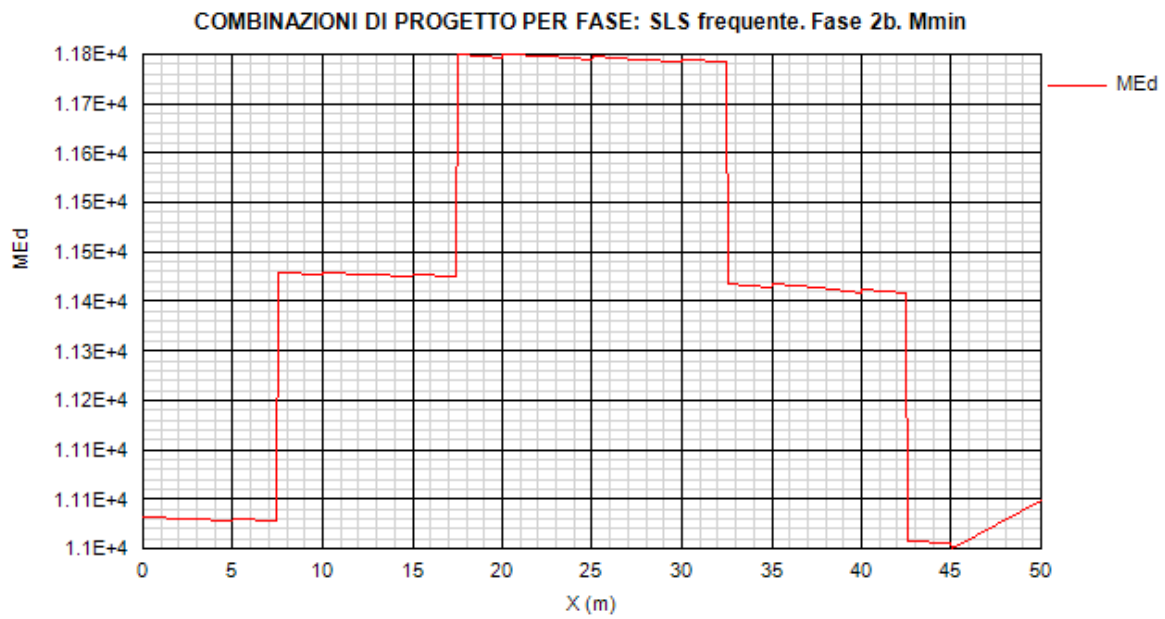


Figura 13.76:

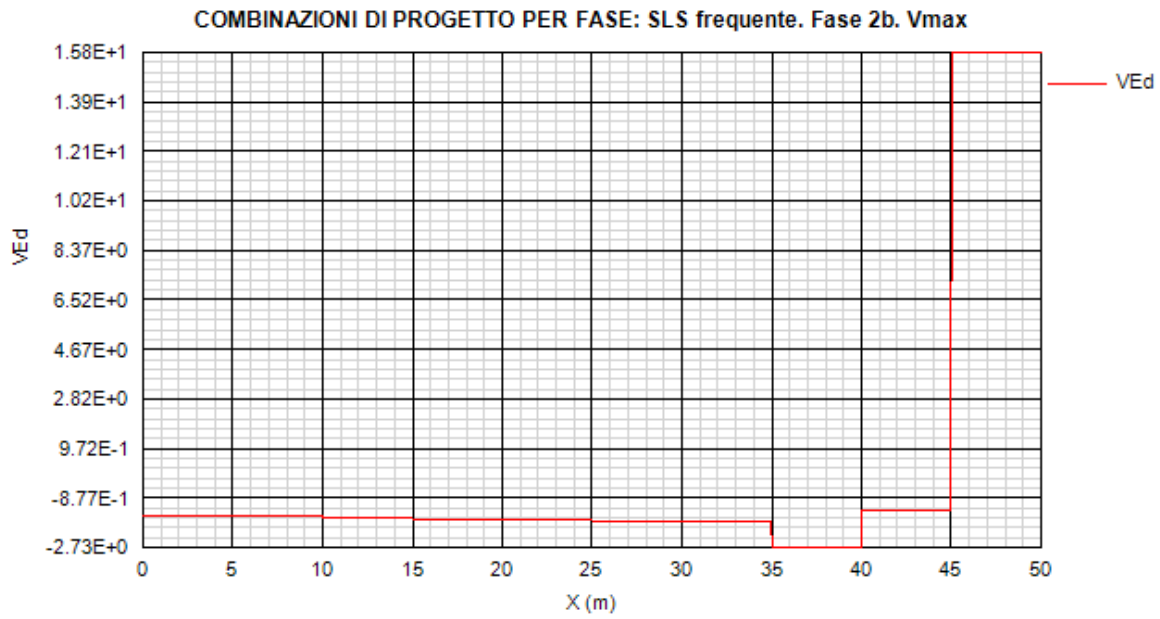


Figura 13.77:

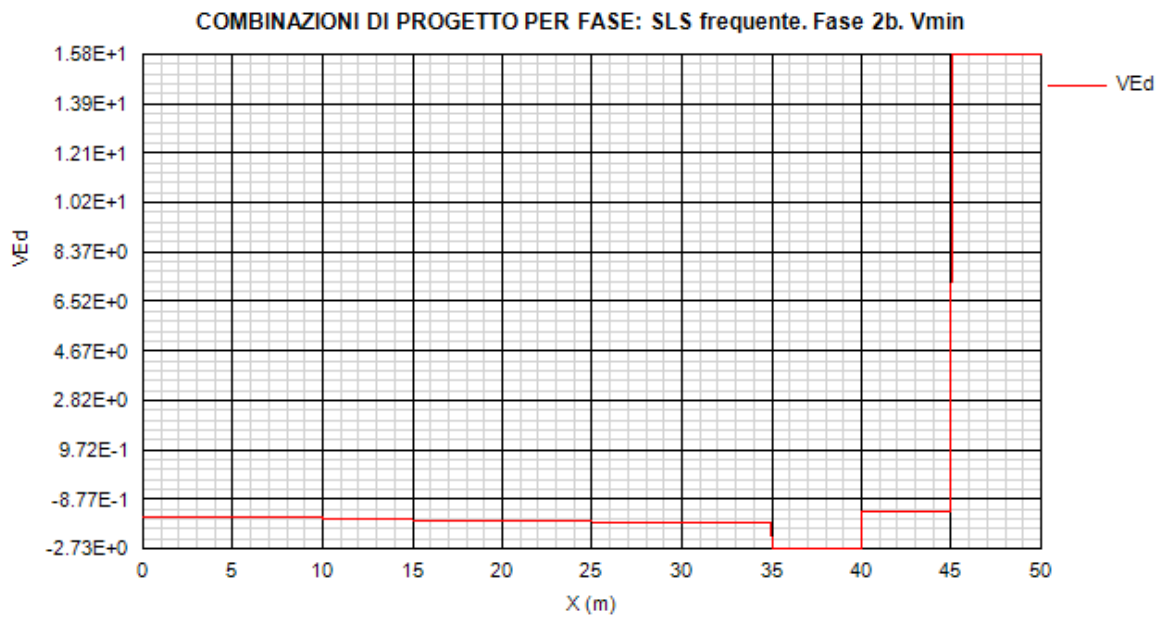


Figura 13.78:

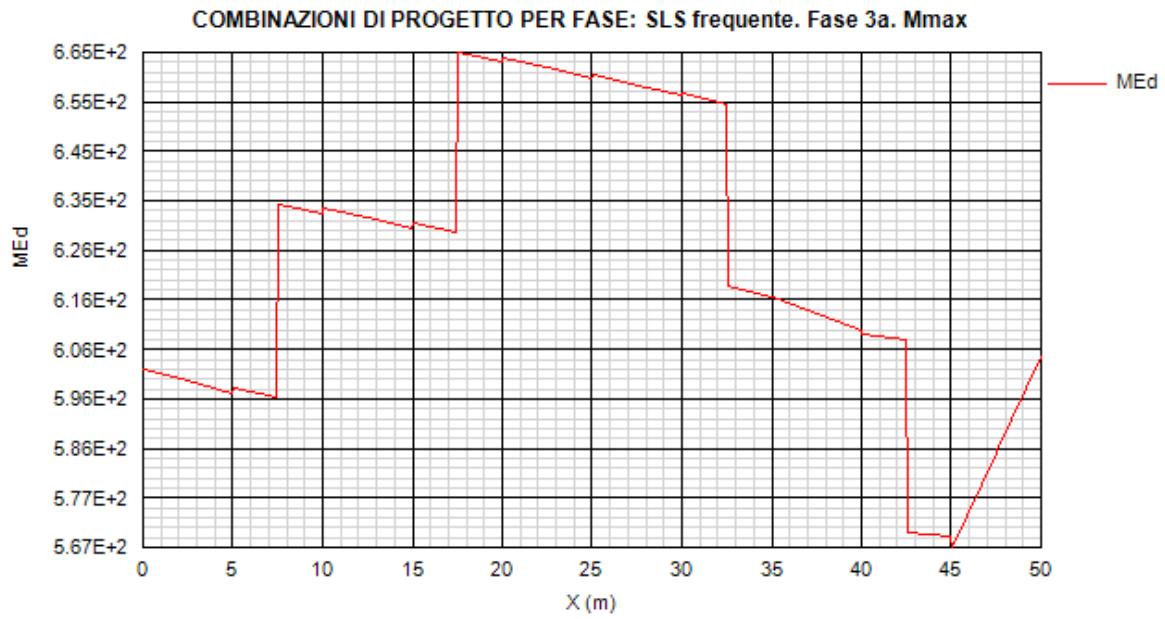


Figura 13.79:

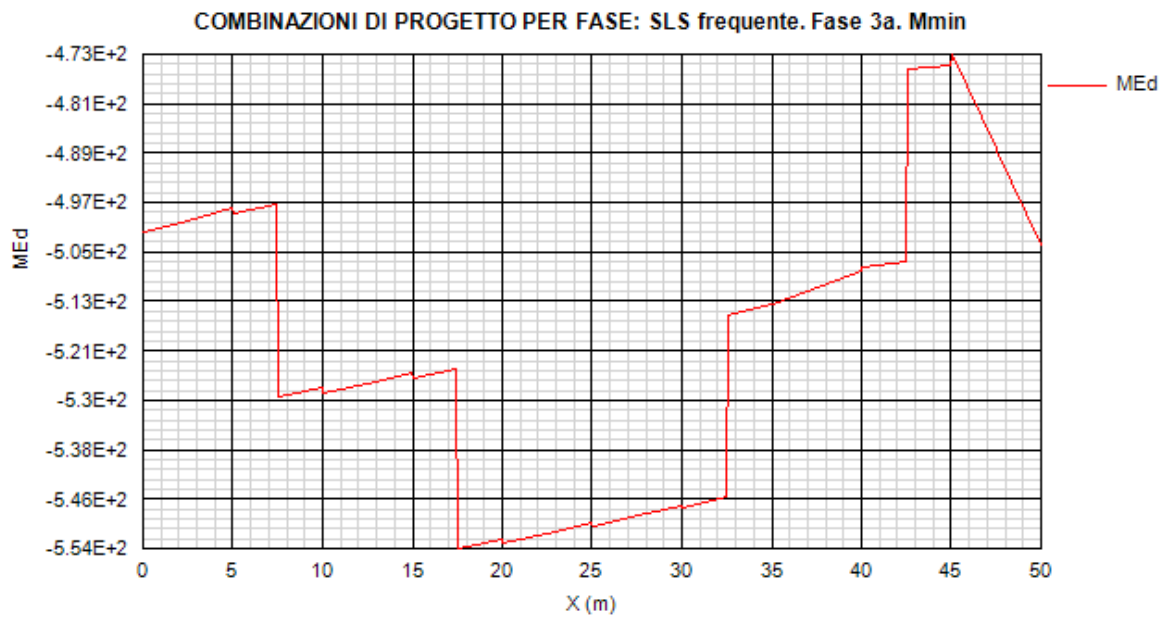


Figura 13.80:

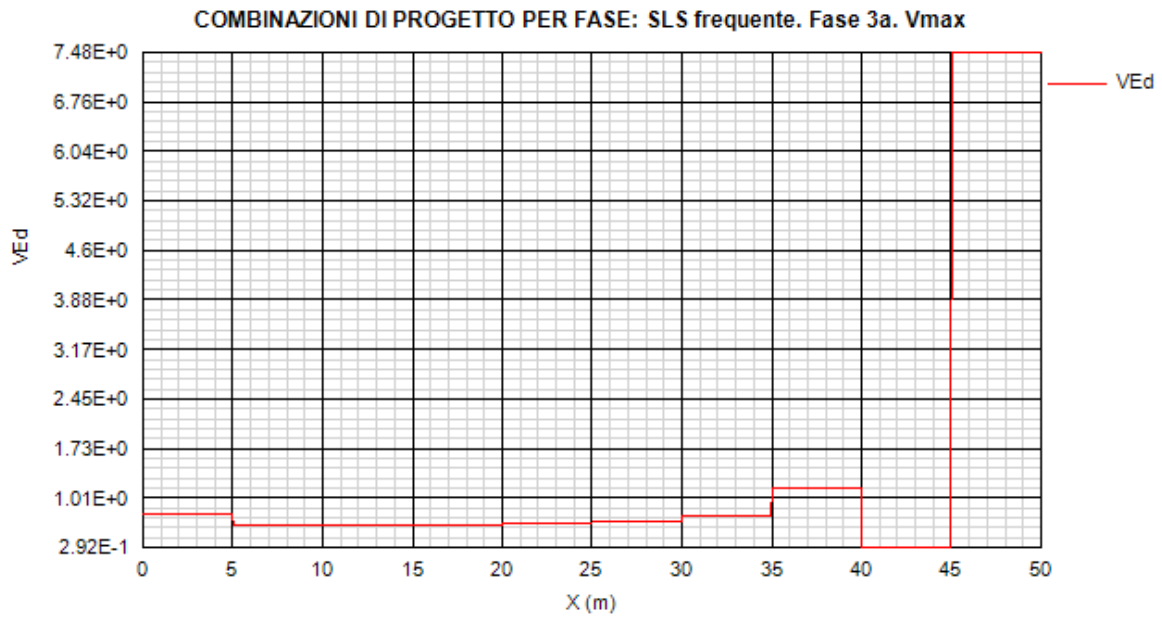


Figura 13.81:

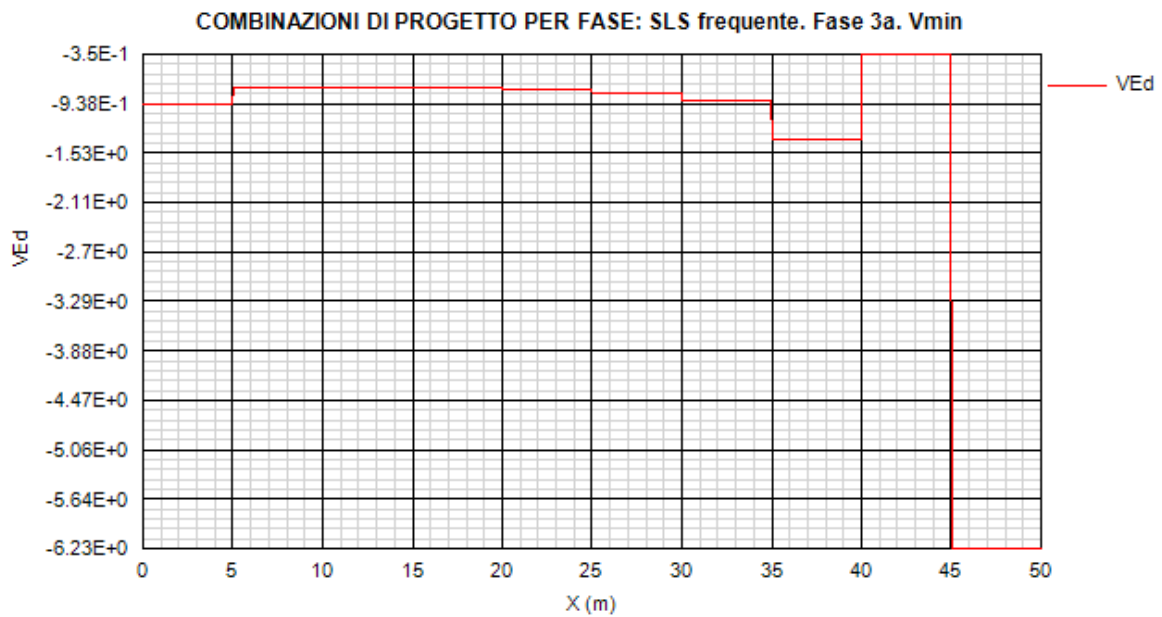


Figura 13.82:

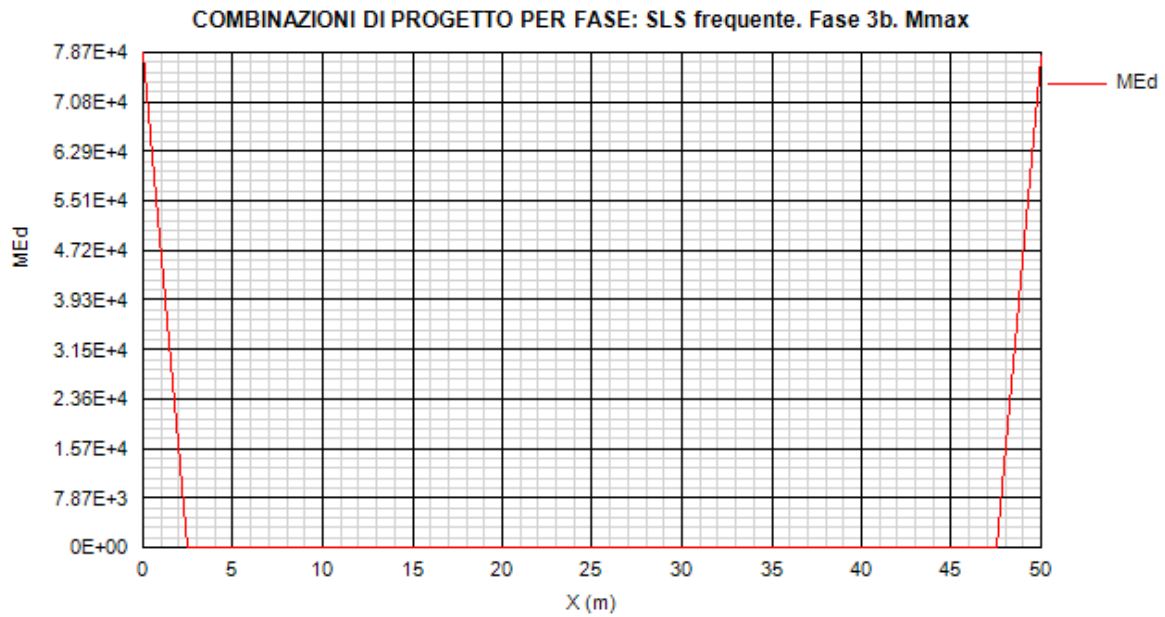


Figura 13.83:

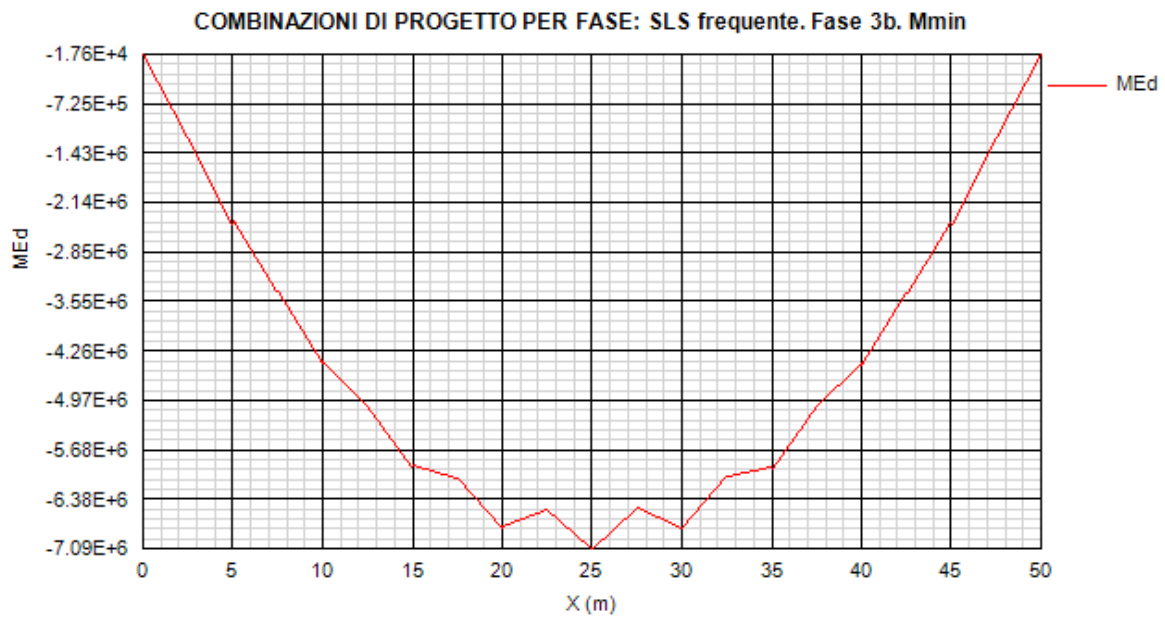


Figura 13.84:

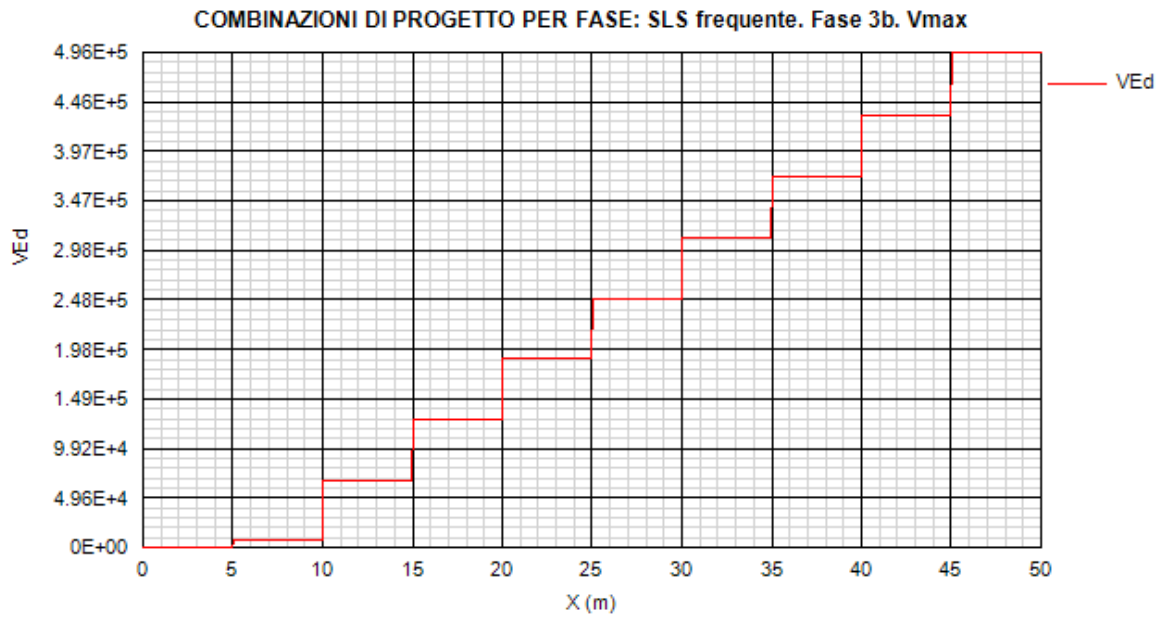


Figura 13.85:

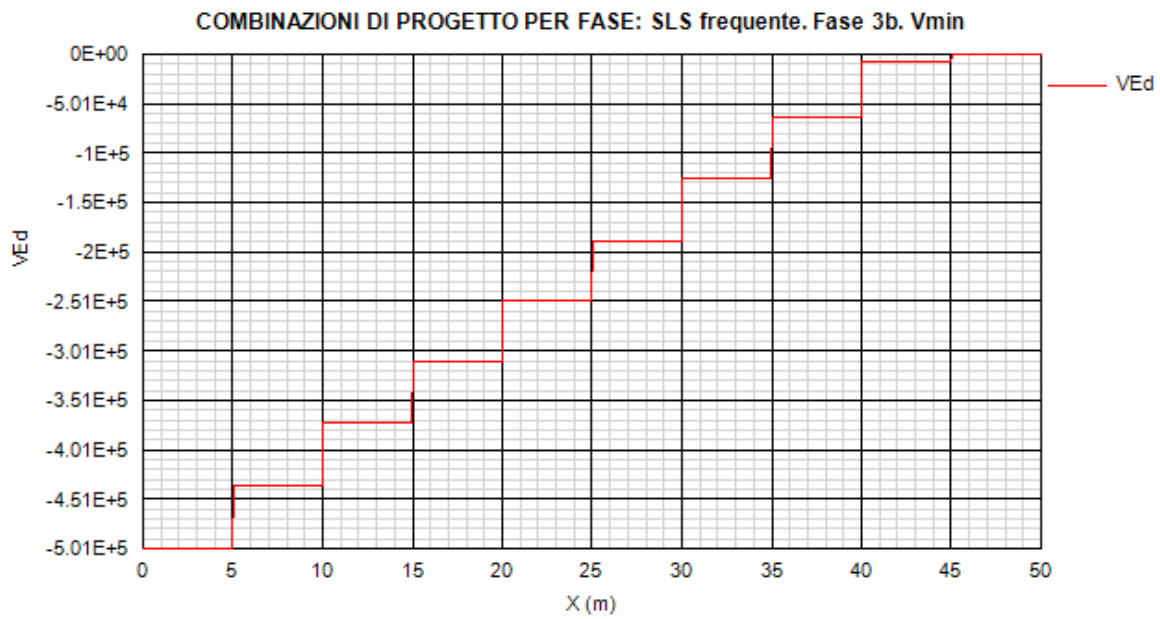


Figura 13.86:

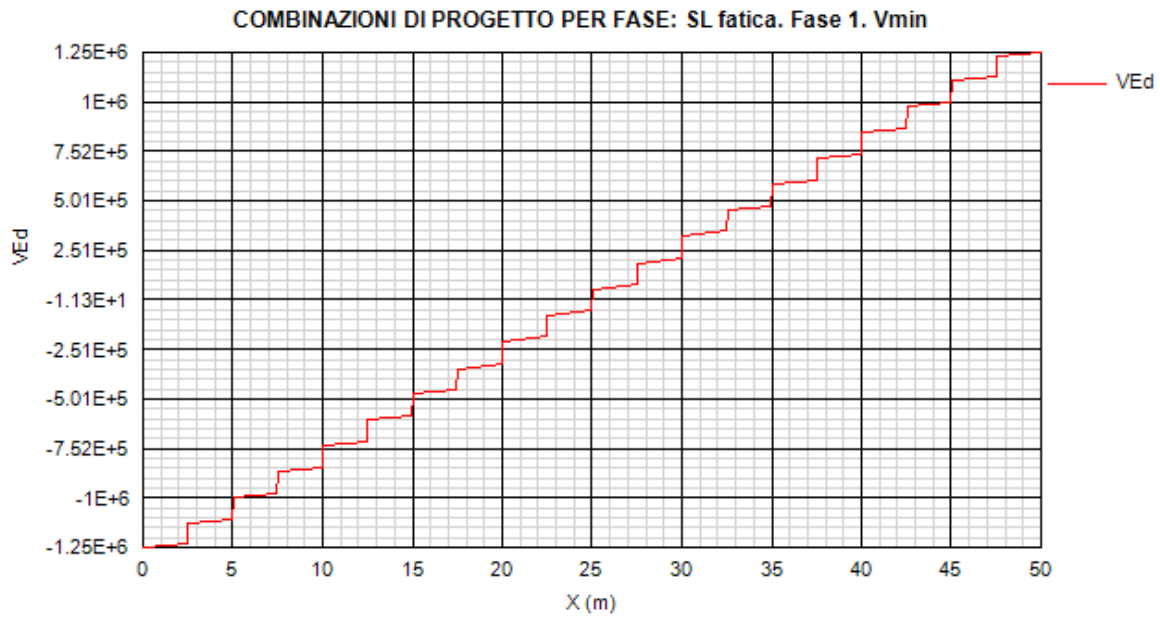


Figura 13.87:

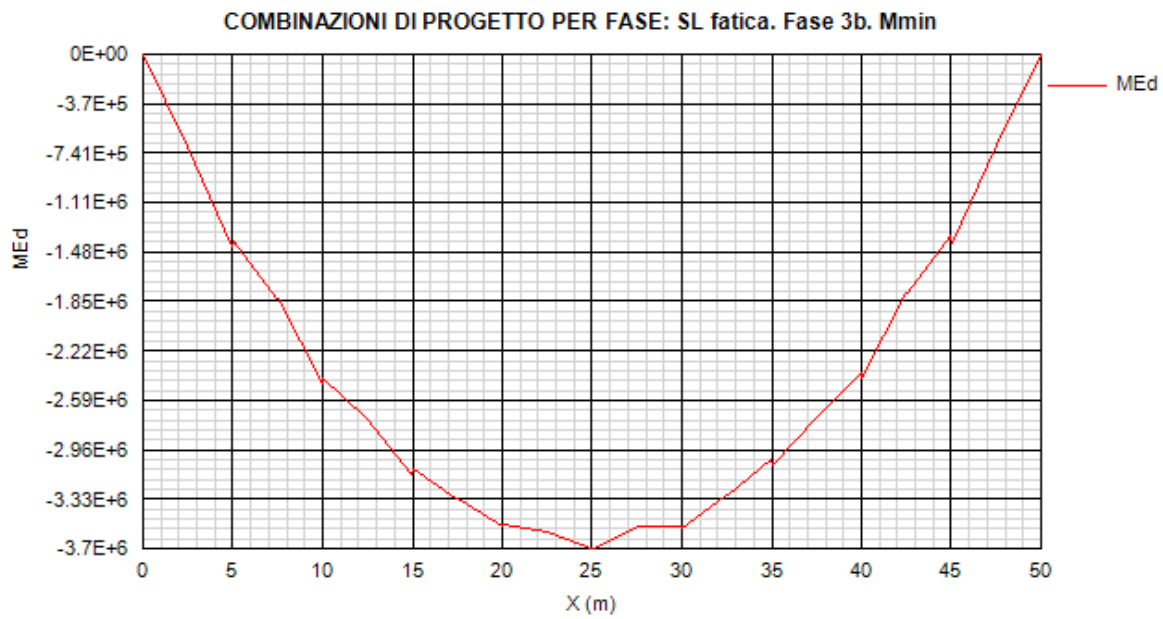


Figura 13.88:

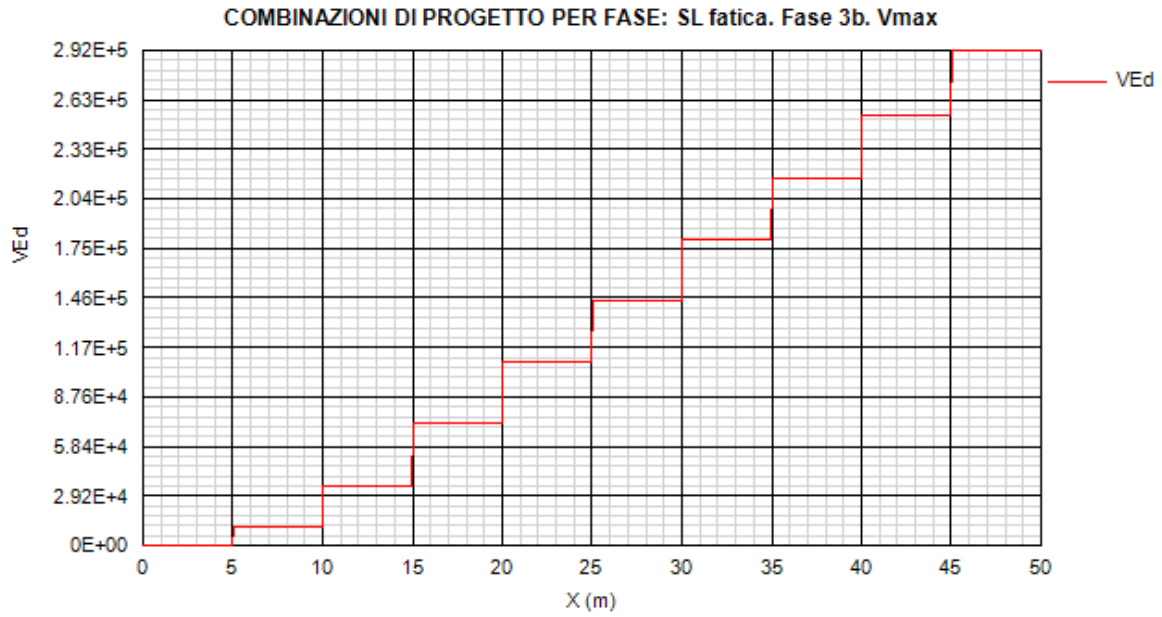


Figura 13.89:

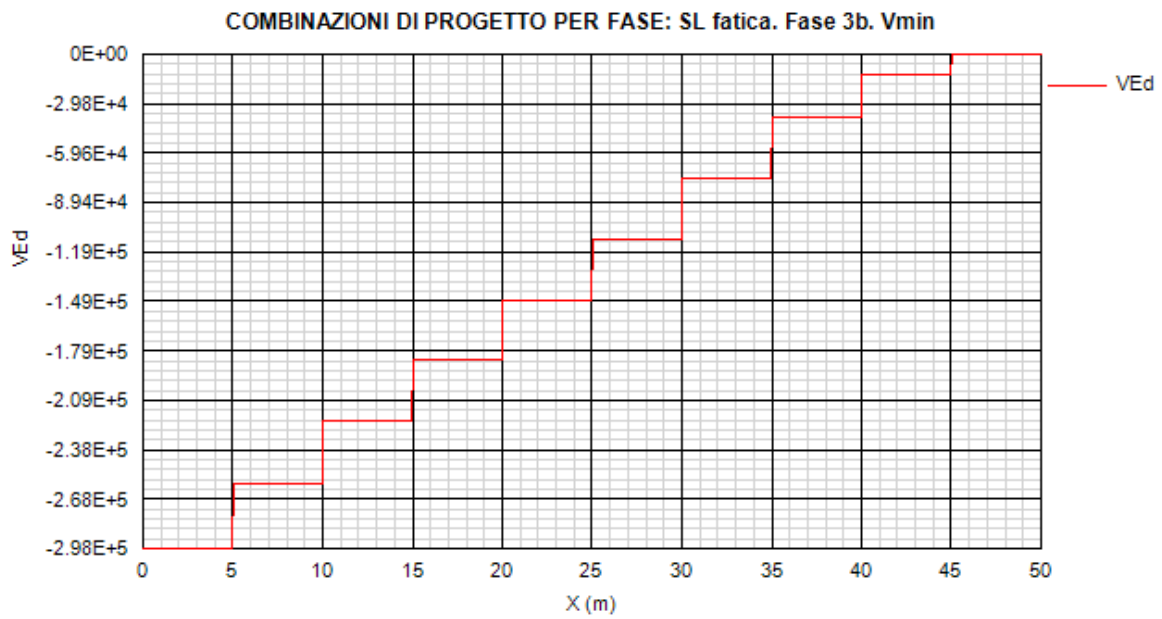


Figura 13.90

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

13.2. Verifiche SLU

X (m)	Combinazione	Classe F1	Classe F3b	RESISTENZA						PIOLI		IRRIGIDIMENTI			
				MEd/ MR	σEd / fy	VEd/ VRd	MEd/ Mf,Rd	VEd/ Vbw,Rd	V/M/N	vEd/ (n*PRd)	di testata	verticali LTB (inst. tors.)	verticali Ist,min / Ist	verticali σmax / (fy/γM1)	verticali w/ (hw/300)
0.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.110	-0.012	0.627	0.150	0.649	No int.	0.145	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
0.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.110	-0.004	0.374	0.160	0.387	No int.	0.058	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
0.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.110	-0.006	0.363	0.150	0.376	No int.	0.052	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
0.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.110	-0.011	0.689	0.150	0.712	No int.	0.179	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
2.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.180	-0.158	0.360	0.270	0.371	No int.	0.052	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
2.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.240	-0.272	0.686	0.370	0.707	No int.	0.179	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
2.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.180	-0.159	0.360	0.270	0.371	No int.	0.052	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
2.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.240	-0.272	0.686	0.370	0.707	No int.	0.179	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
2.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.180	-0.158	0.327	0.270	0.337	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
2.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.240	-0.272	0.641	0.370	0.661	No int.	0.172	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
2.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.180	-0.159	0.327	0.270	0.337	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
2.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.240	-0.272	0.641	0.370	0.661	No int.	0.172	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
5.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.250	-0.306	0.323	0.370	0.333	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
5.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.380	-0.503	0.640	0.570	0.655	No int.	0.172	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
5.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.250	-0.306	0.323	0.370	0.333	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
5.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.380	-0.503	0.640	0.570	0.655	No int.	0.172	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
5.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.250	-0.306	0.289	0.370	0.298	No int.	0.041	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
5.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.370	-0.503	0.555	0.560	0.568	No int.	0.143	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
5.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.290	-0.375	0.287	0.440	0.295	No int.	0.040	0.866	0.898	0.304	0.001	0.005
5.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.360	-0.501	0.567	0.550	0.581	No int.	0.150	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
7.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.310	-0.436	0.286	0.460	0.294	No int.	0.041	0.000	0.898	0.304	0.002	0.006
7.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.490	-0.657	0.554	0.740	0.563	No int.	0.144	0.000	0.898	0.304	0.002	0.008
7.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.350	-0.504	0.284	0.530	0.291	No int.	0.040	0.000	0.898	0.304	0.002	0.007
7.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.480	-0.656	0.566	0.720	0.576	No int.	0.150	0.000	0.898	0.304	0.002	0.008
7.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.280	-0.346	0.249	0.400	0.260	No int.	0.068	0.000	0.898	0.302	0.001	0.004
7.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.450	-0.546	0.501	0.640	0.517	No int.	0.262	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
7.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.330	-0.404	0.246	0.470	0.257	No int.	0.065	0.000	0.898	0.302	0.001	0.005
7.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.440	-0.545	0.514	0.630	0.530	No int.	0.276	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
10.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.330	-0.436	0.245	0.470	0.255	No int.	0.068	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
10.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.550	-0.676	0.502	0.780	0.513	No int.	0.264	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
10.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.370	-0.493	0.243	0.530	0.252	No int.	0.065	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
10.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.540	-0.669	0.512	0.770	0.524	No int.	0.276	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
10.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.330	-0.436	0.211	0.470	0.220	No int.	0.057	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
10.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.540	-0.675	0.278	0.780	0.284	No int.	0.064	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
10.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.440	-0.520	0.187	0.620	0.193	No int.	0.030	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
10.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.520	-0.650	0.440	0.740	0.451	No int.	0.235	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
12.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.370	-0.512	0.207	0.530	0.216	No int.	0.057	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
12.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.620	-0.783	0.426	0.880	0.431	No int.	0.222	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
12.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.470	-0.584	0.183	0.670	0.189	No int.	0.030	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
12.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.600	-0.761	0.438	0.860	0.444	No int.	0.235	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
12.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.370	-0.512	0.175	0.530	0.181	No int.	0.047	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
12.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.620	-0.783	0.381	0.880	0.386	No int.	0.208	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
12.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.470	-0.584	0.150	0.670	0.154	No int.	0.019	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
12.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.600	-0.761	0.393	0.860	0.398	No int.	0.221	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
15.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.575	0.171	0.580	0.177	No int.	0.047	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
15.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.883	0.378	0.980	0.379	No int.	0.208	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
15.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.500	-0.636	0.146	0.710	0.150	No int.	0.019	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
15.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.670	-0.865	0.390	0.960	0.392	No int.	0.221	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
15.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.575	0.137	0.580	0.142	No int.	0.037	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
15.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.882	0.144	0.980	0.144	No int.	0.001	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
15.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.560	-0.689	0.088	0.800	0.089	No int.	0.017	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

15.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.640	-0.828	0.316	0.920	0.319	No int.	0.181	0.000	0.898	0.302	0.003	0.010
17.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.624	0.132	0.610	0.137	No int.	0.037	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
17.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.943	0.300	1.040	0.300	No int.	0.168	0.000	0.898	0.302	0.003	0.010
17.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.570	-0.716	0.083	0.820	0.085	No int.	0.017	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
17.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.700	-0.911	0.313	1.000	0.313	No int.	0.181	0.000	0.898	0.302	0.003	0.010
17.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.518	0.097	0.550	0.103	No int.	0.025	0.000	0.898	0.300	0.002	0.006
17.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.680	-0.845	0.252	0.920	0.255	No int.	0.149	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
17.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.530	-0.642	0.049	0.730	0.051	No int.	0.028	0.000	0.898	0.300	0.002	0.006
17.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.650	-0.815	0.263	0.890	0.267	No int.	0.162	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
20.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.547	0.093	0.570	0.097	No int.	0.025	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.720	-0.903	0.247	0.980	0.247	No int.	0.149	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
20.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.540	-0.656	0.044	0.740	0.045	No int.	0.028	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.700	-0.876	0.258	0.950	0.260	No int.	0.162	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
20.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.547	0.059	0.570	0.062	No int.	0.015	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.720	-0.902	0.012	0.980	0.012	No int.	0.052	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
20.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.590	-0.713	0.015	0.800	0.015	No int.	0.063	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
20.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.660	-0.833	0.184	0.900	0.187	No int.	0.123	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
22.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.565	0.054	0.580	0.057	No int.	0.015	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.914	0.168	0.990	0.168	No int.	0.111	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
22.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.590	-0.712	0.020	0.800	0.020	No int.	0.063	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.690	-0.874	0.178	0.950	0.180	No int.	0.123	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
22.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.565	0.022	0.580	0.023	No int.	0.005	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.914	0.122	0.990	0.122	No int.	0.098	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
22.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.590	-0.712	0.053	0.800	0.054	No int.	0.072	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
22.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.690	-0.874	0.133	0.950	0.134	No int.	0.110	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
25.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.571	0.017	0.590	0.018	No int.	0.005	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.940	0.115	1.020	0.115	No int.	0.098	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
25.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.580	-0.701	0.058	0.790	0.060	No int.	0.072	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.720	-0.902	0.126	0.980	0.126	No int.	0.110	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
25.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.571	0.017	0.590	0.018	No int.	0.005	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
25.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.750	-0.940	0.120	1.020	0.120	No int.	0.104	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
25.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.730	-0.923	0.126	1.000	0.126	No int.	0.109	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
25.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.560	-0.676	0.058	0.760	0.060	No int.	0.073	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.565	0.022	0.580	0.023	No int.	0.005	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.913	0.128	0.990	0.128	No int.	0.104	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
27.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.710	-0.895	0.133	0.970	0.133	No int.	0.109	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
27.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.570	-0.687	0.053	0.770	0.054	No int.	0.073	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.565	0.054	0.580	0.057	No int.	0.015	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
27.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.913	0.173	0.990	0.174	No int.	0.117	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
27.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.710	-0.895	0.178	0.970	0.179	No int.	0.122	0.000	0.898	0.300	0.002	0.009
27.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.570	-0.687	0.020	0.770	0.020	No int.	0.063	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.547	0.059	0.570	0.062	No int.	0.015	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.720	-0.903	0.018	0.980	0.018	No int.	0.047	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
30.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.680	-0.854	0.184	0.930	0.187	No int.	0.122	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
30.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.570	-0.688	0.015	0.770	0.015	No int.	0.063	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.420	-0.547	0.093	0.570	0.098	No int.	0.025	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
30.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.720	-0.903	0.252	0.980	0.253	No int.	0.155	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
30.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.710	-0.891	0.258	0.970	0.259	No int.	0.161	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
30.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.520	-0.626	0.044	0.710	0.046	No int.	0.027	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.518	0.098	0.550	0.103	No int.	0.025	0.000	0.898	0.300	0.002	0.006
32.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.680	-0.844	0.257	0.920	0.260	No int.	0.155	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
32.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.670	-0.831	0.262	0.910	0.266	No int.	0.161	0.000	0.898	0.300	0.002	0.008
32.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.510	-0.611	0.049	0.690	0.051	No int.	0.027	0.000	0.898	0.300	0.002	0.007
32.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.430	-0.624	0.132	0.610	0.137	No int.	0.037	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
32.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.730	-0.942	0.306	1.040	0.306	No int.	0.174	0.000	0.898	0.302	0.003	0.010
32.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.720	-0.928	0.312	1.020	0.312	No int.	0.180	0.000	0.898	0.302	0.003	0.010
32.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.550	-0.683	0.083	0.780	0.085	No int.	0.017	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
35.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.575	0.137	0.580	0.142	No int.	0.037	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

35.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.883	0.149	0.980	0.149	No int.	0.006	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
35.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.660	-0.846	0.316	0.940	0.318	No int.	0.180	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
35.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.530	-0.655	0.088	0.760	0.090	No int.	0.017	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
35.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.400	-0.575	0.171	0.580	0.177	No int.	0.047	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
35.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.690	-0.884	0.384	0.980	0.385	No int.	0.213	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
35.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.680	-0.876	0.390	0.980	0.391	No int.	0.220	0.000	0.898	0.302	0.003	0.009
35.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.470	-0.632	0.146	0.670	0.151	No int.	0.020	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
37.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.370	-0.512	0.175	0.530	0.182	No int.	0.047	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
37.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.620	-0.782	0.386	0.880	0.391	No int.	0.213	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
37.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.610	-0.773	0.392	0.870	0.397	No int.	0.220	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
37.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.440	-0.579	0.150	0.630	0.155	No int.	0.020	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
37.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.370	-0.512	0.207	0.530	0.216	No int.	0.058	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
37.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.620	-0.782	0.432	0.880	0.437	No int.	0.228	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
37.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.610	-0.773	0.437	0.870	0.443	No int.	0.234	0.000	0.898	0.302	0.002	0.009
37.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.440	-0.579	0.183	0.630	0.189	No int.	0.031	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
40.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.330	-0.436	0.211	0.470	0.220	No int.	0.058	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
40.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.550	-0.676	0.283	0.780	0.289	No int.	0.069	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
40.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.530	-0.655	0.439	0.750	0.450	No int.	0.234	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
40.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.400	-0.516	0.187	0.580	0.194	No int.	0.031	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
40.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.330	-0.436	0.245	0.470	0.255	No int.	0.068	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
40.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.550	-0.677	0.507	0.780	0.518	No int.	0.269	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
40.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.540	-0.674	0.511	0.780	0.522	No int.	0.274	0.000	0.898	0.302	0.002	0.008
40.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.340	-0.450	0.242	0.490	0.252	No int.	0.065	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
42.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.280	-0.346	0.249	0.400	0.260	No int.	0.068	0.000	0.898	0.302	0.001	0.004
42.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.450	-0.546	0.506	0.640	0.522	No int.	0.267	0.000	0.898	0.302	0.002	0.006
42.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.450	-0.546	0.512	0.640	0.529	No int.	0.274	0.000	0.898	0.302	0.002	0.007
42.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.290	-0.360	0.246	0.420	0.257	No int.	0.065	0.000	0.898	0.302	0.001	0.005
42.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.310	-0.436	0.286	0.460	0.294	No int.	0.041	0.000	0.898	0.304	0.002	0.006
42.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.490	-0.657	0.559	0.740	0.568	No int.	0.146	0.000	0.898	0.304	0.002	0.008
42.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.480	-0.656	0.565	0.730	0.574	No int.	0.149	0.000	0.898	0.304	0.002	0.008
42.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.320	-0.453	0.283	0.480	0.291	No int.	0.040	0.000	0.898	0.304	0.002	0.006
45.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.250	-0.306	0.289	0.370	0.298	No int.	0.041	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
45.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.370	-0.503	0.466	0.560	0.477	No int.	0.095	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
45.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.370	-0.502	0.566	0.560	0.580	No int.	0.149	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
45.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.260	-0.323	0.286	0.390	0.295	No int.	0.040	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
45.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.250	-0.306	0.323	0.370	0.333	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
45.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.380	-0.503	0.637	0.570	0.653	No int.	0.170	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
45.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.380	-0.503	0.638	0.560	0.653	No int.	0.171	0.866	0.898	0.304	0.002	0.007
45.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.250	-0.306	0.323	0.370	0.333	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
47.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.180	-0.158	0.327	0.270	0.337	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
47.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.240	-0.272	0.639	0.370	0.658	No int.	0.170	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
47.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.240	-0.271	0.639	0.370	0.658	No int.	0.171	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
47.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.180	-0.158	0.327	0.270	0.337	No int.	0.047	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
47.5	SLU fond., Mmax	4	1	0.180	-0.158	0.360	0.270	0.371	No int.	0.052	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
47.5	SLU fond., Mmin	4	1	0.240	-0.272	0.683	0.370	0.704	No int.	0.178	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
47.5	SLU fond., Vmax	4	1	0.240	-0.271	0.684	0.370	0.704	No int.	0.178	0.866	0.898	0.304	0.001	0.004
47.5	SLU fond., Vmin	4	1	0.180	-0.158	0.360	0.270	0.371	No int.	0.052	0.866	0.898	0.304	0.001	0.002
50.0	SLU fond., Mmax	4	1	0.110	-0.012	0.625	0.150	0.647	No int.	0.145	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Mmin	4	1	0.110	-0.005	0.374	0.160	0.387	No int.	0.058	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Vmax	4	1	0.110	-0.011	0.686	0.150	0.710	No int.	0.178	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000
50.0	SLU fond., Vmin	4	1	0.110	-0.006	0.363	0.150	0.375	No int.	0.052	0.866	0.898	0.304	0.000	0.000

13.3. Verifiche SLE R

X (m)	Combinazione	Pioli	
		$\sigma_{id} / \sigma_{amm}$	$v_{Ed} / (k_s n P_{Rd})$
0.0	SLS caratt., Mmax	0.246	0.198
0.0	SLS caratt., Mmin	0.198	0.104
0.0	SLS caratt., Vmax	0.194	0.096
0.0	SLS caratt., Vmin	0.269	0.243
2.5	SLS caratt., Mmax	0.192	0.096
2.5	SLS caratt., Mmin	0.267	0.243
2.5	SLS caratt., Vmax	0.192	0.096
2.5	SLS caratt., Vmin	0.267	0.243
2.5	SLS caratt., Mmax	0.183	0.086
2.5	SLS caratt., Mmin	0.250	0.233
2.5	SLS caratt., Vmax	0.183	0.086
2.5	SLS caratt., Vmin	0.250	0.233
5.0	SLS caratt., Mmax	0.306	0.086
5.0	SLS caratt., Mmin	0.408	0.233
5.0	SLS caratt., Vmax	0.306	0.086
5.0	SLS caratt., Vmin	0.408	0.233
5.0	SLS caratt., Mmax	0.302	0.076
5.0	SLS caratt., Mmin	0.396	0.195
5.0	SLS caratt., Vmax	0.348	0.073
5.0	SLS caratt., Vmin	0.384	0.204
7.5	SLS caratt., Mmax	0.420	0.076
7.5	SLS caratt., Mmin	0.495	0.195
7.5	SLS caratt., Vmax	0.466	0.073
7.5	SLS caratt., Vmin	0.496	0.204
7.5	SLS caratt., Mmax	0.336	0.125
7.5	SLS caratt., Mmin	0.418	0.356
7.5	SLS caratt., Vmax	0.374	0.120
7.5	SLS caratt., Vmin	0.419	0.374
10.0	SLS caratt., Mmax	0.417	0.125
10.0	SLS caratt., Mmin	0.487	0.359
10.0	SLS caratt., Vmax	0.456	0.120
10.0	SLS caratt., Vmin	0.488	0.374
10.0	SLS caratt., Mmax	0.416	0.105
10.0	SLS caratt., Mmin	0.479	0.086
10.0	SLS caratt., Vmax	0.470	0.068
10.0	SLS caratt., Vmin	0.479	0.319
12.5	SLS caratt., Mmax	0.488	0.105
12.5	SLS caratt., Mmin	0.555	0.301
12.5	SLS caratt., Vmax	0.531	0.068
12.5	SLS caratt., Vmin	0.540	0.319
12.5	SLS caratt., Mmax	0.488	0.086
12.5	SLS caratt., Mmin	0.555	0.282
12.5	SLS caratt., Vmax	0.531	0.048
12.5	SLS caratt., Vmin	0.540	0.300
15.0	SLS caratt., Mmax	0.548	0.086
15.0	SLS caratt., Mmin	0.625	0.282
15.0	SLS caratt., Vmax	0.581	0.048
15.0	SLS caratt., Vmin	0.613	0.300
15.0	SLS caratt., Mmax	0.548	0.067
15.0	SLS caratt., Mmin	0.625	0.001
15.0	SLS caratt., Vmax	0.604	0.006
15.0	SLS caratt., Vmin	0.587	0.246

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

17.5	SLS caratt., Mmax	0.594	0.067
17.5	SLS caratt., Mmin	0.668	0.229
17.5	SLS caratt., Vmax	0.634	0.006
17.5	SLS caratt., Vmin	0.645	0.246
17.5	SLS caratt., Mmax	0.494	0.046
17.5	SLS caratt., Mmin	0.598	0.203
17.5	SLS caratt., Vmax	0.567	0.026
17.5	SLS caratt., Vmin	0.577	0.220
20.0	SLS caratt., Mmax	0.521	0.046
20.0	SLS caratt., Mmin	0.639	0.203
20.0	SLS caratt., Vmax	0.583	0.026
20.0	SLS caratt., Vmin	0.620	0.220
20.0	SLS caratt., Mmax	0.521	0.027
20.0	SLS caratt., Mmin	0.639	0.071
20.0	SLS caratt., Vmax	0.624	0.078
20.0	SLS caratt., Vmin	0.590	0.167
22.5	SLS caratt., Mmax	0.538	0.027
22.5	SLS caratt., Mmin	0.647	0.151
22.5	SLS caratt., Vmax	0.627	0.078
22.5	SLS caratt., Vmin	0.619	0.167
22.5	SLS caratt., Mmax	0.538	0.009
22.5	SLS caratt., Mmin	0.647	0.133
22.5	SLS caratt., Vmax	0.627	0.096
22.5	SLS caratt., Vmin	0.619	0.149
25.0	SLS caratt., Mmax	0.543	0.009
25.0	SLS caratt., Mmin	0.665	0.133
25.0	SLS caratt., Vmax	0.620	0.096
25.0	SLS caratt., Vmin	0.639	0.149
25.0	SLS caratt., Mmax	0.543	0.009
25.0	SLS caratt., Mmin	0.665	0.141
25.0	SLS caratt., Vmax	0.653	0.148
25.0	SLS caratt., Vmin	0.602	0.096
27.5	SLS caratt., Mmax	0.538	0.009
27.5	SLS caratt., Mmin	0.646	0.141
27.5	SLS caratt., Vmax	0.634	0.148
27.5	SLS caratt., Vmin	0.609	0.096
27.5	SLS caratt., Mmax	0.538	0.027
27.5	SLS caratt., Mmin	0.646	0.159
27.5	SLS caratt., Vmax	0.634	0.166
27.5	SLS caratt., Vmin	0.609	0.078
30.0	SLS caratt., Mmax	0.521	0.027
30.0	SLS caratt., Mmin	0.639	0.063
30.0	SLS caratt., Vmax	0.604	0.166
30.0	SLS caratt., Vmin	0.605	0.078
30.0	SLS caratt., Mmax	0.521	0.046
30.0	SLS caratt., Mmin	0.639	0.210
30.0	SLS caratt., Vmax	0.631	0.218
30.0	SLS caratt., Vmin	0.562	0.025
32.5	SLS caratt., Mmax	0.494	0.046
32.5	SLS caratt., Mmin	0.598	0.210
32.5	SLS caratt., Vmax	0.588	0.218
32.5	SLS caratt., Vmin	0.545	0.025
32.5	SLS caratt., Mmax	0.594	0.067
32.5	SLS caratt., Mmin	0.667	0.236
32.5	SLS caratt., Vmax	0.657	0.244
32.5	SLS caratt., Vmin	0.623	0.005
35.0	SLS caratt., Mmax	0.548	0.067
35.0	SLS caratt., Mmin	0.625	0.009

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhesia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

35.0	SLS caratt., Vmax	0.599	0.244
35.0	SLS caratt., Vmin	0.584	0.005
35.0	SLS caratt., Mmax	0.548	0.086
35.0	SLS caratt., Mmin	0.626	0.290
35.0	SLS caratt., Vmax	0.621	0.298
35.0	SLS caratt., Vmin	0.578	0.050
37.5	SLS caratt., Mmax	0.488	0.086
37.5	SLS caratt., Mmin	0.554	0.290
37.5	SLS caratt., Vmax	0.548	0.298
37.5	SLS caratt., Vmin	0.528	0.050
37.5	SLS caratt., Mmax	0.488	0.105
37.5	SLS caratt., Mmin	0.554	0.309
37.5	SLS caratt., Vmax	0.548	0.318
37.5	SLS caratt., Vmin	0.528	0.069
40.0	SLS caratt., Mmax	0.416	0.105
40.0	SLS caratt., Mmin	0.480	0.094
40.0	SLS caratt., Vmax	0.480	0.318
40.0	SLS caratt., Vmin	0.467	0.069
40.0	SLS caratt., Mmax	0.416	0.125
40.0	SLS caratt., Mmin	0.488	0.366
40.0	SLS caratt., Vmax	0.488	0.372
40.0	SLS caratt., Vmin	0.425	0.120
42.5	SLS caratt., Mmax	0.336	0.125
42.5	SLS caratt., Mmin	0.419	0.363
42.5	SLS caratt., Vmax	0.419	0.372
42.5	SLS caratt., Vmin	0.345	0.120
42.5	SLS caratt., Mmax	0.420	0.076
42.5	SLS caratt., Mmin	0.496	0.198
42.5	SLS caratt., Vmax	0.496	0.203
42.5	SLS caratt., Vmin	0.431	0.073
45.0	SLS caratt., Mmax	0.302	0.076
45.0	SLS caratt., Mmin	0.384	0.129
45.0	SLS caratt., Vmax	0.389	0.203
45.0	SLS caratt., Vmin	0.314	0.073
45.0	SLS caratt., Mmax	0.306	0.086
45.0	SLS caratt., Mmin	0.407	0.231
45.0	SLS caratt., Vmax	0.407	0.232
45.0	SLS caratt., Vmin	0.306	0.086
47.5	SLS caratt., Mmax	0.183	0.086
47.5	SLS caratt., Mmin	0.250	0.231
47.5	SLS caratt., Vmax	0.249	0.232
47.5	SLS caratt., Vmin	0.183	0.086
47.5	SLS caratt., Mmax	0.192	0.096
47.5	SLS caratt., Mmin	0.266	0.242
47.5	SLS caratt., Vmax	0.266	0.242
47.5	SLS caratt., Vmin	0.192	0.096
50.0	SLS caratt., Mmax	0.245	0.196
50.0	SLS caratt., Mmin	0.198	0.104
50.0	SLS caratt., Vmax	0.268	0.242
50.0	SLS caratt., Vmin	0.194	0.096

13.4. Verifiche SLE F

X (m)	Combinazione	Web breathing
0.0	SLS freq., Mmax	0.522
0.0	SLS freq., Mmin	0.444
0.0	SLS freq., Vmax	0.437
0.0	SLS freq., Vmin	0.560
2.5	SLS freq., Mmax	0.507
2.5	SLS freq., Mmin	0.627
2.5	SLS freq., Vmax	0.507
2.5	SLS freq., Vmin	0.627
2.5	SLS freq., Mmax	0.473
2.5	SLS freq., Mmin	0.593
2.5	SLS freq., Vmax	0.474
2.5	SLS freq., Vmin	0.592
5.0	SLS freq., Mmax	0.648
5.0	SLS freq., Mmin	0.771
5.0	SLS freq., Vmax	0.648
5.0	SLS freq., Vmin	0.771
5.0	SLS freq., Mmax	0.624
5.0	SLS freq., Mmin	0.726
5.0	SLS freq., Vmax	0.651
5.0	SLS freq., Vmin	0.724
7.5	SLS freq., Mmax	0.818
7.5	SLS freq., Mmin	0.868
7.5	SLS freq., Vmax	0.847
7.5	SLS freq., Vmin	0.881
7.5	SLS freq., Mmax	0.590
7.5	SLS freq., Mmin	0.686
7.5	SLS freq., Vmax	0.612
7.5	SLS freq., Vmin	0.696
10.0	SLS freq., Mmax	0.704
10.0	SLS freq., Mmin	0.740
10.0	SLS freq., Vmax	0.727
10.0	SLS freq., Vmin	0.748
10.0	SLS freq., Mmax	0.687
10.0	SLS freq., Mmin	0.670
10.0	SLS freq., Vmax	0.689
10.0	SLS freq., Vmin	0.735
12.5	SLS freq., Mmax	0.790
12.5	SLS freq., Mmin	0.765
12.5	SLS freq., Vmax	0.768
12.5	SLS freq., Vmin	0.782
12.5	SLS freq., Mmax	0.778
12.5	SLS freq., Mmin	0.748
12.5	SLS freq., Vmax	0.757
12.5	SLS freq., Vmin	0.765
15.0	SLS freq., Mmax	0.866
15.0	SLS freq., Mmin	0.788
15.0	SLS freq., Vmax	0.825
15.0	SLS freq., Vmin	0.803
15.0	SLS freq., Mmax	0.857
15.0	SLS freq., Mmin	0.745
15.0	SLS freq., Vmax	0.762
15.0	SLS freq., Vmin	0.807
17.5	SLS freq., Mmax	0.926
17.5	SLS freq., Mmin	0.812

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

17.5	SLS freq., Vmax	0.820
17.5	SLS freq., Vmin	0.836
17.5	SLS freq., Mmax	0.681
17.5	SLS freq., Mmin	0.601
17.5	SLS freq., Vmax	0.633
17.5	SLS freq., Vmin	0.650
20.0	SLS freq., Mmax	0.717
20.0	SLS freq., Mmin	0.614
20.0	SLS freq., Vmax	0.665
20.0	SLS freq., Vmin	0.626
20.0	SLS freq., Mmax	0.712
20.0	SLS freq., Mmin	0.586
20.0	SLS freq., Vmax	0.594
20.0	SLS freq., Vmin	0.670
22.5	SLS freq., Mmax	0.734
22.5	SLS freq., Mmin	0.616
22.5	SLS freq., Vmax	0.653
22.5	SLS freq., Vmin	0.672
22.5	SLS freq., Mmax	0.731
22.5	SLS freq., Mmin	0.609
22.5	SLS freq., Vmax	0.653
22.5	SLS freq., Vmin	0.666
25.0	SLS freq., Mmax	0.738
25.0	SLS freq., Mmin	0.606
25.0	SLS freq., Vmax	0.668
25.0	SLS freq., Vmin	0.622
25.0	SLS freq., Mmax	0.738
25.0	SLS freq., Mmin	0.607
25.0	SLS freq., Vmax	0.613
25.0	SLS freq., Vmin	0.684
27.5	SLS freq., Mmax	0.731
27.5	SLS freq., Mmin	0.610
27.5	SLS freq., Vmax	0.617
27.5	SLS freq., Vmin	0.669
27.5	SLS freq., Mmax	0.734
27.5	SLS freq., Mmin	0.617
27.5	SLS freq., Vmax	0.624
27.5	SLS freq., Vmin	0.669
30.0	SLS freq., Mmax	0.712
30.0	SLS freq., Mmin	0.586
30.0	SLS freq., Vmax	0.657
30.0	SLS freq., Vmin	0.644
30.0	SLS freq., Mmax	0.717
30.0	SLS freq., Mmin	0.615
30.0	SLS freq., Vmax	0.620
30.0	SLS freq., Vmin	0.686
32.5	SLS freq., Mmax	0.681
32.5	SLS freq., Mmin	0.602
32.5	SLS freq., Vmax	0.641
32.5	SLS freq., Vmin	0.653
32.5	SLS freq., Mmax	0.926
32.5	SLS freq., Mmin	0.814
32.5	SLS freq., Vmax	0.823
32.5	SLS freq., Vmin	0.846
35.0	SLS freq., Mmax	0.857
35.0	SLS freq., Mmin	0.745
35.0	SLS freq., Vmax	0.794
35.0	SLS freq., Vmin	0.787

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

35.0	SLS freq., Mmax	0.866
35.0	SLS freq., Mmin	0.789
35.0	SLS freq., Vmax	0.794
35.0	SLS freq., Vmin	0.857
37.5	SLS freq., Mmax	0.778
37.5	SLS freq., Mmin	0.750
37.5	SLS freq., Vmax	0.756
37.5	SLS freq., Vmin	0.789
37.5	SLS freq., Mmax	0.790
37.5	SLS freq., Mmin	0.767
37.5	SLS freq., Vmax	0.774
37.5	SLS freq., Vmin	0.800
40.0	SLS freq., Mmax	0.687
40.0	SLS freq., Mmin	0.670
40.0	SLS freq., Vmax	0.726
40.0	SLS freq., Vmin	0.720
40.0	SLS freq., Mmax	0.704
40.0	SLS freq., Mmin	0.741
40.0	SLS freq., Vmax	0.744
40.0	SLS freq., Vmin	0.708
42.5	SLS freq., Mmax	0.590
42.5	SLS freq., Mmin	0.688
42.5	SLS freq., Vmax	0.692
42.5	SLS freq., Vmin	0.594
42.5	SLS freq., Mmax	0.818
42.5	SLS freq., Mmin	0.870
42.5	SLS freq., Vmax	0.874
42.5	SLS freq., Vmin	0.824
45.0	SLS freq., Mmax	0.624
45.0	SLS freq., Mmin	0.694
45.0	SLS freq., Vmax	0.727
45.0	SLS freq., Vmin	0.630
45.0	SLS freq., Mmax	0.647
45.0	SLS freq., Mmin	0.770
45.0	SLS freq., Vmax	0.769
45.0	SLS freq., Vmin	0.648
47.5	SLS freq., Mmax	0.473
47.5	SLS freq., Mmin	0.592
47.5	SLS freq., Vmax	0.591
47.5	SLS freq., Vmin	0.473
47.5	SLS freq., Mmax	0.506
47.5	SLS freq., Mmin	0.626
47.5	SLS freq., Vmax	0.626
47.5	SLS freq., Vmin	0.507
50.0	SLS freq., Mmax	0.521
50.0	SLS freq., Mmin	0.443
50.0	SLS freq., Vmax	0.558
50.0	SLS freq., Vmin	0.437

13.5. Verifiche a fessurazione

Omessa (schema isostatico con soletta in compressione).

13.6. Verifiche a fatica

X (m)	Combinazione	VERIFICHE A FATICA - TASSI DI SFRUTTAMENTO												
		Pioli - tasso sfruttamento			Flange metalliche		Anima	Giunti saldati trasv.		Giunti saldati longitudinali				
		η_1	η_2	η_3	Fl _{sup}	Fl _{inf}	A	tra Fl _{sup}	tra Fl _{inf}	A - Fl _{sup}	A - Fl _{sup}	A - IrrV	Fl _{sup} - IrrV	Fl _{inf} - IrrV
0.0	SL fatica., Mmax	0.176	0.022	0.152	0.014	0.008	0.186	0.015	0.009	0.015	0.009	0.021	0.021	0.012
0.0	SL fatica., Mmin	0.176	0.022	0.152	0.014	0.008	0.186	0.015	0.009	0.015	0.009	0.021	0.021	0.012
0.0	SL fatica., Vmax	0.237	0.019	0.197	0.012	0.005	0.251	0.013	0.006	0.014	0.006	0.019	0.019	0.008
0.0	SL fatica., Vmin	0.237	0.019	0.197	0.012	0.005	0.251	0.013	0.006	0.014	0.006	0.019	0.019	0.008
2.5	SL fatica., Mmax	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Mmin	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Vmax	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Vmin	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Mmax	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Mmin	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Vmax	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
2.5	SL fatica., Vmin	0.237	0.016	0.194	0.010	0.110	0.251	0.011	0.117	0.010	0.121	0.169	0.014	0.169
5.0	SL fatica., Mmax	0.237	0.034	0.209	0.022	0.225	0.251	0.023	0.241	0.022	0.248	0.348	0.031	0.348
5.0	SL fatica., Mmin	0.237	0.034	0.209	0.022	0.225	0.251	0.023	0.241	0.022	0.248	0.348	0.031	0.348
5.0	SL fatica., Vmax	0.237	0.034	0.209	0.022	0.225	0.251	0.023	0.241	0.022	0.248	0.348	0.031	0.348
5.0	SL fatica., Vmin	0.237	0.034	0.209	0.022	0.225	0.251	0.023	0.241	0.022	0.248	0.348	0.031	0.348
5.0	SL fatica., Mmax	0.125	0.031	0.121	0.020	0.220	0.133	0.021	0.235	0.020	0.242	0.339	0.028	0.339
5.0	SL fatica., Mmin	0.125	0.031	0.121	0.020	0.220	0.133	0.021	0.235	0.020	0.242	0.339	0.028	0.339
5.0	SL fatica., Vmax	0.214	0.015	0.176	0.010	0.114	0.227	0.010	0.122	0.010	0.126	0.177	0.013	0.177
5.0	SL fatica., Vmin	0.214	0.015	0.176	0.010	0.114	0.227	0.010	0.122	0.010	0.126	0.177	0.013	0.177
7.5	SL fatica., Mmax	0.205	0.042	0.190	0.027	0.287	0.218	0.029	0.307	0.027	0.316	0.443	0.038	0.443
7.5	SL fatica., Mmin	0.205	0.042	0.190	0.027	0.287	0.218	0.029	0.307	0.027	0.316	0.443	0.038	0.443
7.5	SL fatica., Vmax	0.214	0.032	0.189	0.020	0.219	0.227	0.022	0.234	0.021	0.241	0.338	0.029	0.338
7.5	SL fatica., Vmin	0.214	0.032	0.189	0.020	0.219	0.227	0.022	0.234	0.021	0.241	0.338	0.029	0.338
7.5	SL fatica., Mmax	0.400	0.043	0.341	0.028	0.259	0.215	0.029	0.277	0.027	0.285	0.399	0.038	0.399
7.5	SL fatica., Mmin	0.400	0.043	0.341	0.028	0.259	0.215	0.029	0.277	0.027	0.285	0.399	0.038	0.399
7.5	SL fatica., Vmax	0.416	0.033	0.345	0.021	0.198	0.224	0.022	0.211	0.020	0.217	0.304	0.029	0.304
7.5	SL fatica., Vmin	0.416	0.033	0.345	0.021	0.198	0.224	0.022	0.211	0.020	0.217	0.304	0.029	0.304
10.0	SL fatica., Mmax	0.400	0.060	0.353	0.038	0.350	0.215	0.041	0.374	0.037	0.385	0.538	0.052	0.538
10.0	SL fatica., Mmin	0.400	0.060	0.353	0.038	0.350	0.215	0.041	0.374	0.037	0.385	0.538	0.052	0.538
10.0	SL fatica., Vmax	0.416	0.050	0.359	0.032	0.292	0.224	0.034	0.312	0.031	0.321	0.449	0.044	0.449
10.0	SL fatica., Vmin	0.416	0.050	0.359	0.032	0.292	0.224	0.034	0.312	0.031	0.321	0.449	0.044	0.449
10.0	SL fatica., Mmax	0.188	0.057	0.188	0.036	0.345	0.101	0.039	0.368	0.035	0.379	0.531	0.050	0.531
10.0	SL fatica., Mmin	0.188	0.057	0.188	0.036	0.345	0.101	0.039	0.368	0.035	0.379	0.531	0.050	0.531
10.0	SL fatica., Vmax	0.395	0.016	0.316	0.010	0.107	0.213	0.011	0.115	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
10.0	SL fatica., Vmin	0.395	0.016	0.316	0.010	0.107	0.213	0.011	0.115	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
12.5	SL fatica., Mmax	0.188	0.065	0.194	0.041	0.388	0.101	0.044	0.414	0.040	0.426	0.596	0.057	0.596
12.5	SL fatica., Mmin	0.188	0.065	0.194	0.041	0.388	0.101	0.044	0.414	0.040	0.426	0.596	0.057	0.596
12.5	SL fatica., Vmax	0.395	0.033	0.329	0.021	0.197	0.213	0.022	0.210	0.020	0.216	0.303	0.028	0.303
12.5	SL fatica., Vmin	0.395	0.033	0.329	0.021	0.197	0.213	0.022	0.210	0.020	0.216	0.303	0.028	0.303
12.5	SL fatica., Mmax	0.188	0.065	0.194	0.041	0.388	0.101	0.044	0.414	0.040	0.426	0.596	0.057	0.596
12.5	SL fatica., Mmin	0.188	0.065	0.194	0.041	0.388	0.101	0.044	0.414	0.040	0.426	0.596	0.057	0.596
12.5	SL fatica., Vmax	0.395	0.033	0.329	0.021	0.197	0.213	0.022	0.210	0.020	0.216	0.303	0.028	0.303
12.5	SL fatica., Vmin	0.395	0.033	0.329	0.021	0.197	0.213	0.022	0.210	0.020	0.216	0.303	0.028	0.303
15.0	SL fatica., Mmax	0.342	0.075	0.321	0.048	0.445	0.184	0.051	0.474	0.047	0.488	0.684	0.066	0.684
15.0	SL fatica., Mmin	0.342	0.075	0.321	0.048	0.445	0.184	0.051	0.474	0.047	0.488	0.684	0.066	0.684
15.0	SL fatica., Vmax	0.395	0.049	0.341	0.031	0.287	0.213	0.033	0.306	0.031	0.315	0.441	0.043	0.441
15.0	SL fatica., Vmin	0.395	0.049	0.341	0.031	0.287	0.213	0.033	0.306	0.031	0.315	0.441	0.043	0.441
15.0	SL fatica., Mmax	0.134	0.073	0.159	0.047	0.441	0.072	0.050	0.470	0.046	0.484	0.678	0.064	0.678
15.0	SL fatica., Mmin	0.134	0.073	0.159	0.047	0.441	0.072	0.050	0.470	0.046	0.484	0.678	0.064	0.678
15.0	SL fatica., Vmax	0.396	0.004	0.308	0.002	0.031	0.214	0.002	0.033	0.002	0.034	0.048	0.003	0.048
15.0	SL fatica., Vmin	0.396	0.004	0.308	0.002	0.031	0.214	0.002	0.033	0.002	0.034	0.048	0.003	0.048

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

17.5	SL fatica., Mmax	0.134	0.079	0.163	0.050	0.471	0.072	0.054	0.503	0.049	0.517	0.724	0.069	0.724
17.5	SL fatica., Mmin	0.134	0.079	0.163	0.050	0.471	0.072	0.054	0.503	0.049	0.517	0.724	0.069	0.724
17.5	SL fatica., Vmax	0.396	0.020	0.320	0.013	0.121	0.214	0.014	0.129	0.013	0.133	0.186	0.018	0.186
17.5	SL fatica., Vmin	0.396	0.020	0.320	0.013	0.121	0.214	0.014	0.129	0.013	0.133	0.186	0.018	0.186
17.5	SL fatica., Mmax	0.131	0.080	0.162	0.051	0.430	0.072	0.055	0.459	0.049	0.471	0.659	0.068	0.659
17.5	SL fatica., Mmin	0.131	0.080	0.162	0.051	0.430	0.072	0.055	0.459	0.049	0.471	0.659	0.068	0.659
17.5	SL fatica., Vmax	0.386	0.020	0.313	0.013	0.110	0.212	0.014	0.118	0.012	0.121	0.169	0.017	0.169
17.5	SL fatica., Vmin	0.386	0.020	0.313	0.013	0.110	0.212	0.014	0.118	0.012	0.121	0.169	0.017	0.169
20.0	SL fatica., Mmax	0.131	0.086	0.166	0.055	0.457	0.072	0.058	0.488	0.052	0.501	0.702	0.073	0.702
20.0	SL fatica., Mmin	0.131	0.086	0.166	0.055	0.457	0.072	0.058	0.488	0.052	0.501	0.702	0.073	0.702
20.0	SL fatica., Vmax	0.386	0.037	0.326	0.024	0.192	0.212	0.025	0.205	0.023	0.211	0.295	0.032	0.295
20.0	SL fatica., Vmin	0.386	0.037	0.326	0.024	0.192	0.212	0.025	0.205	0.023	0.211	0.295	0.032	0.295
20.0	SL fatica., Mmax	0.050	0.085	0.104	0.054	0.456	0.027	0.058	0.487	0.052	0.500	0.700	0.072	0.700
20.0	SL fatica., Mmin	0.050	0.085	0.104	0.054	0.456	0.027	0.058	0.487	0.052	0.500	0.700	0.072	0.700
20.0	SL fatica., Vmax	0.387	0.009	0.304	0.006	0.039	0.212	0.006	0.041	0.005	0.043	0.060	0.008	0.060
20.0	SL fatica., Vmin	0.387	0.009	0.304	0.006	0.039	0.212	0.006	0.041	0.005	0.043	0.060	0.008	0.060
22.5	SL fatica., Mmax	0.079	0.086	0.127	0.055	0.462	0.043	0.059	0.493	0.052	0.506	0.709	0.073	0.709
22.5	SL fatica., Mmin	0.079	0.086	0.127	0.055	0.462	0.043	0.059	0.493	0.052	0.506	0.709	0.073	0.709
22.5	SL fatica., Vmax	0.387	0.008	0.304	0.005	0.043	0.212	0.005	0.046	0.005	0.047	0.066	0.007	0.066
22.5	SL fatica., Vmin	0.387	0.008	0.304	0.005	0.043	0.212	0.005	0.046	0.005	0.047	0.066	0.007	0.066
22.5	SL fatica., Mmax	0.079	0.086	0.127	0.055	0.462	0.043	0.059	0.493	0.052	0.506	0.709	0.073	0.709
22.5	SL fatica., Mmin	0.079	0.086	0.127	0.055	0.462	0.043	0.059	0.493	0.052	0.506	0.709	0.073	0.709
22.5	SL fatica., Vmax	0.387	0.008	0.304	0.005	0.043	0.212	0.005	0.046	0.005	0.047	0.066	0.007	0.066
22.5	SL fatica., Vmin	0.387	0.008	0.304	0.005	0.043	0.212	0.005	0.046	0.005	0.047	0.066	0.007	0.066
25.0	SL fatica., Mmax	0.079	0.089	0.129	0.057	0.479	0.043	0.061	0.511	0.054	0.525	0.734	0.076	0.734
25.0	SL fatica., Mmin	0.079	0.089	0.129	0.057	0.479	0.043	0.061	0.511	0.054	0.525	0.734	0.076	0.734
25.0	SL fatica., Vmax	0.387	0.025	0.317	0.016	0.125	0.212	0.017	0.134	0.015	0.137	0.192	0.021	0.192
25.0	SL fatica., Vmin	0.387	0.025	0.317	0.016	0.125	0.212	0.017	0.134	0.015	0.137	0.192	0.021	0.192
25.0	SL fatica., Mmax	0.102	0.090	0.147	0.057	0.479	0.056	0.061	0.511	0.054	0.525	0.734	0.076	0.734
25.0	SL fatica., Mmin	0.102	0.090	0.147	0.057	0.479	0.056	0.061	0.511	0.054	0.525	0.734	0.076	0.734
25.0	SL fatica., Vmax	0.387	0.021	0.314	0.013	0.105	0.212	0.014	0.112	0.013	0.115	0.161	0.018	0.161
25.0	SL fatica., Vmin	0.387	0.021	0.314	0.013	0.105	0.212	0.014	0.112	0.013	0.115	0.161	0.018	0.161
27.5	SL fatica., Mmax	0.102	0.085	0.144	0.054	0.457	0.056	0.058	0.488	0.052	0.501	0.701	0.072	0.701
27.5	SL fatica., Mmin	0.102	0.085	0.144	0.054	0.457	0.056	0.058	0.488	0.052	0.501	0.701	0.072	0.701
27.5	SL fatica., Vmax	0.387	0.004	0.301	0.003	0.023	0.212	0.003	0.024	0.003	0.025	0.035	0.004	0.035
27.5	SL fatica., Vmin	0.387	0.004	0.301	0.003	0.023	0.212	0.003	0.024	0.003	0.025	0.035	0.004	0.035
27.5	SL fatica., Mmax	0.102	0.085	0.144	0.054	0.457	0.056	0.058	0.488	0.052	0.501	0.701	0.072	0.701
27.5	SL fatica., Mmin	0.102	0.085	0.144	0.054	0.457	0.056	0.058	0.488	0.052	0.501	0.701	0.072	0.701
27.5	SL fatica., Vmax	0.387	0.004	0.301	0.003	0.023	0.212	0.003	0.024	0.003	0.025	0.035	0.004	0.035
27.5	SL fatica., Vmin	0.387	0.004	0.301	0.003	0.023	0.212	0.003	0.024	0.003	0.025	0.035	0.004	0.035
30.0	SL fatica., Mmax	0.027	0.085	0.086	0.055	0.457	0.015	0.058	0.488	0.052	0.501	0.701	0.072	0.701
30.0	SL fatica., Mmin	0.027	0.085	0.086	0.055	0.457	0.015	0.058	0.488	0.052	0.501	0.701	0.072	0.701
30.0	SL fatica., Vmax	0.387	0.012	0.307	0.008	0.059	0.212	0.008	0.063	0.008	0.065	0.091	0.011	0.091
30.0	SL fatica., Vmin	0.387	0.012	0.307	0.008	0.059	0.212	0.008	0.063	0.008	0.065	0.091	0.011	0.091
30.0	SL fatica., Mmax	0.153	0.086	0.184	0.055	0.459	0.084	0.059	0.489	0.052	0.503	0.704	0.073	0.704
30.0	SL fatica., Mmin	0.153	0.086	0.184	0.055	0.459	0.084	0.059	0.489	0.052	0.503	0.704	0.073	0.704
30.0	SL fatica., Vmax	0.386	0.033	0.322	0.021	0.171	0.212	0.023	0.183	0.020	0.188	0.263	0.028	0.263
30.0	SL fatica., Vmin	0.386	0.033	0.322	0.021	0.171	0.212	0.023	0.183	0.020	0.188	0.263	0.028	0.263
32.5	SL fatica., Mmax	0.153	0.079	0.179	0.051	0.426	0.084	0.054	0.455	0.048	0.467	0.654	0.067	0.654
32.5	SL fatica., Mmin	0.153	0.079	0.179	0.051	0.426	0.084	0.054	0.455	0.048	0.467	0.654	0.067	0.654
32.5	SL fatica., Vmax	0.386	0.017	0.310	0.011	0.089	0.212	0.011	0.095	0.010	0.098	0.137	0.014	0.137
32.5	SL fatica., Vmin	0.386	0.017	0.310	0.011	0.089	0.212	0.011	0.095	0.010	0.098	0.137	0.014	0.137
32.5	SL fatica., Mmax	0.157	0.078	0.181	0.050	0.467	0.085	0.053	0.498	0.049	0.513	0.718	0.068	0.718
32.5	SL fatica., Mmin	0.157	0.078	0.181	0.050	0.467	0.085	0.053	0.498	0.049	0.513	0.718	0.068	0.718
32.5	SL fatica., Vmax	0.396	0.016	0.317	0.010	0.098	0.213	0.011	0.105	0.010	0.108	0.151	0.014	0.151
32.5	SL fatica., Vmin	0.396	0.016	0.317	0.010	0.098	0.213	0.011	0.105	0.010	0.108	0.151	0.014	0.151
35.0	SL fatica., Mmax	0.157	0.071	0.176	0.046	0.431	0.085	0.049	0.460	0.045	0.474	0.664	0.062	0.664
35.0	SL fatica., Mmin	0.157	0.071	0.176	0.046	0.431	0.085	0.049	0.460	0.045	0.474	0.664	0.062	0.664

Collegamento viario "Pedemontana piemontese" tra la A4 e la A26
(Santhia'-Biella-Gattinara-Ghemme)
Collegamento viario Masserano-Ghemme
Progetto Definitivo

35.0	SL fatica., Vmax	0.396	0.000	0.304	0.000	0.008	0.213	0.000	0.009	0.000	0.009	0.013	0.000	0.013
35.0	SL fatica., Vmin	0.396	0.000	0.304	0.000	0.008	0.213	0.000	0.009	0.000	0.009	0.013	0.000	0.013
35.0	SL fatica., Mmax	0.335	0.074	0.315	0.047	0.435	0.181	0.050	0.465	0.046	0.478	0.670	0.065	0.670
35.0	SL fatica., Mmin	0.335	0.074	0.315	0.047	0.435	0.181	0.050	0.465	0.046	0.478	0.670	0.065	0.670
35.0	SL fatica., Vmax	0.394	0.045	0.338	0.029	0.262	0.212	0.031	0.280	0.028	0.288	0.403	0.040	0.403
35.0	SL fatica., Vmin	0.394	0.045	0.338	0.029	0.262	0.212	0.031	0.280	0.028	0.288	0.403	0.040	0.403
37.5	SL fatica., Mmax	0.211	0.064	0.212	0.041	0.385	0.114	0.044	0.411	0.040	0.424	0.593	0.056	0.593
37.5	SL fatica., Mmin	0.211	0.064	0.212	0.041	0.385	0.114	0.044	0.411	0.040	0.424	0.593	0.056	0.593
37.5	SL fatica., Vmax	0.394	0.029	0.325	0.018	0.173	0.212	0.020	0.184	0.018	0.190	0.266	0.025	0.266
37.5	SL fatica., Vmin	0.394	0.029	0.325	0.018	0.173	0.212	0.020	0.184	0.018	0.190	0.266	0.025	0.266
37.5	SL fatica., Mmax	0.211	0.064	0.212	0.041	0.385	0.114	0.044	0.411	0.040	0.423	0.593	0.056	0.593
37.5	SL fatica., Mmin	0.211	0.064	0.212	0.041	0.385	0.114	0.044	0.411	0.040	0.423	0.593	0.056	0.593
37.5	SL fatica., Vmax	0.394	0.029	0.325	0.018	0.173	0.212	0.020	0.184	0.018	0.190	0.266	0.025	0.266
37.5	SL fatica., Vmin	0.394	0.029	0.325	0.018	0.173	0.212	0.020	0.184	0.018	0.190	0.266	0.025	0.266
40.0	SL fatica., Mmax	0.211	0.056	0.205	0.036	0.338	0.114	0.038	0.360	0.035	0.371	0.519	0.049	0.519
40.0	SL fatica., Mmin	0.211	0.056	0.205	0.036	0.338	0.114	0.038	0.360	0.035	0.371	0.519	0.049	0.519
40.0	SL fatica., Vmax	0.394	0.012	0.313	0.008	0.083	0.212	0.008	0.089	0.008	0.092	0.128	0.011	0.128
40.0	SL fatica., Vmin	0.394	0.012	0.313	0.008	0.083	0.212	0.008	0.089	0.008	0.092	0.128	0.011	0.128
40.0	SL fatica., Mmax	0.392	0.058	0.347	0.037	0.343	0.211	0.040	0.366	0.037	0.377	0.527	0.051	0.527
40.0	SL fatica., Mmin	0.392	0.058	0.347	0.037	0.343	0.211	0.040	0.366	0.037	0.377	0.527	0.051	0.527
40.0	SL fatica., Vmax	0.411	0.047	0.353	0.030	0.276	0.222	0.032	0.294	0.030	0.303	0.424	0.042	0.424
40.0	SL fatica., Vmin	0.411	0.047	0.353	0.030	0.276	0.222	0.032	0.294	0.030	0.303	0.424	0.042	0.424
42.5	SL fatica., Mmax	0.266	0.042	0.237	0.027	0.254	0.143	0.029	0.271	0.027	0.279	0.391	0.037	0.391
42.5	SL fatica., Mmin	0.266	0.042	0.237	0.027	0.254	0.143	0.029	0.271	0.027	0.279	0.391	0.037	0.391
42.5	SL fatica., Vmax	0.411	0.030	0.340	0.019	0.183	0.222	0.021	0.195	0.019	0.201	0.281	0.027	0.281
42.5	SL fatica., Vmin	0.411	0.030	0.340	0.019	0.183	0.222	0.021	0.195	0.019	0.201	0.281	0.027	0.281
42.5	SL fatica., Mmax	0.137	0.041	0.137	0.026	0.281	0.145	0.028	0.300	0.027	0.310	0.434	0.037	0.434
42.5	SL fatica., Mmin	0.137	0.041	0.137	0.026	0.281	0.145	0.028	0.300	0.027	0.310	0.434	0.037	0.434
42.5	SL fatica., Vmax	0.211	0.030	0.185	0.019	0.202	0.224	0.020	0.216	0.019	0.223	0.312	0.027	0.312
42.5	SL fatica., Vmin	0.211	0.030	0.185	0.019	0.202	0.224	0.020	0.216	0.019	0.223	0.312	0.027	0.312
45.0	SL fatica., Mmax	0.137	0.030	0.129	0.020	0.215	0.145	0.021	0.229	0.020	0.237	0.331	0.028	0.331
45.0	SL fatica., Mmin	0.137	0.030	0.129	0.020	0.215	0.145	0.021	0.229	0.020	0.237	0.331	0.028	0.331
45.0	SL fatica., Vmax	0.211	0.013	0.173	0.008	0.099	0.224	0.009	0.106	0.008	0.109	0.152	0.012	0.152
45.0	SL fatica., Vmin	0.211	0.013	0.173	0.008	0.099	0.224	0.009	0.106	0.008	0.109	0.152	0.012	0.152
45.0	SL fatica., Mmax	0.232	0.034	0.204	0.022	0.220	0.246	0.023	0.235	0.022	0.243	0.340	0.031	0.340
45.0	SL fatica., Mmin	0.232	0.034	0.204	0.022	0.220	0.246	0.023	0.235	0.022	0.243	0.340	0.031	0.340
45.0	SL fatica., Vmax	0.232	0.034	0.204	0.022	0.220	0.246	0.023	0.235	0.022	0.243	0.340	0.031	0.340
45.0	SL fatica., Vmin	0.232	0.034	0.204	0.022	0.220	0.246	0.023	0.235	0.022	0.243	0.340	0.031	0.340
47.5	SL fatica., Mmax	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Mmin	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Vmax	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Vmin	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Mmax	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Mmin	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Vmax	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
47.5	SL fatica., Vmin	0.232	0.015	0.190	0.010	0.107	0.246	0.010	0.114	0.010	0.118	0.165	0.014	0.165
50.0	SL fatica., Mmax	0.172	0.021	0.149	0.013	0.008	0.182	0.014	0.009	0.015	0.009	0.021	0.021	0.012
50.0	SL fatica., Mmin	0.172	0.021	0.149	0.013	0.008	0.182	0.014	0.009	0.015	0.009	0.021	0.021	0.012
50.0	SL fatica., Vmax	0.232	0.020	0.194	0.012	0.005	0.246	0.013	0.006	0.014	0.006	0.019	0.019	0.008
50.0	SL fatica., Vmin	0.232	0.020	0.194	0.012	0.005	0.246	0.013	0.006	0.014	0.006	0.019	0.019	0.008

14. ANALISI E VERIFICA DEI TRASVERSI

Come si è detto in premessa, i trasversi correnti hanno la funzione di ostacolare lo svergolamento delle travi principali. Per tale ragione è previsto un collegamento a mezzo di co-

prigiunti ad un tronco saldato sulle anime delle travi principali, ed ulteriormente irrigidito da un piatto trasversale saldato alle anime stesse.

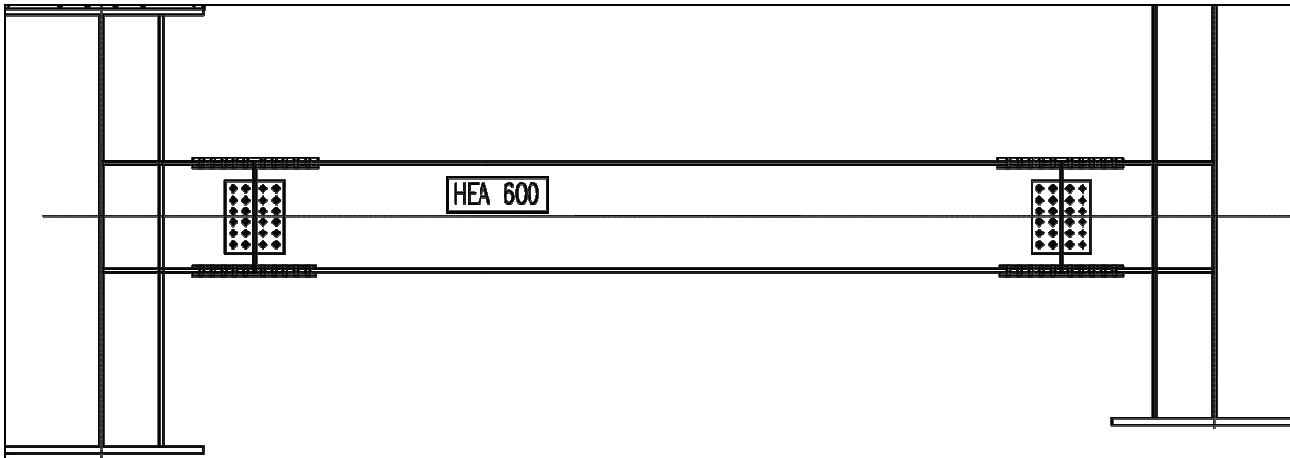


Figura 14.1: Geometria dei trasversi correnti

E', tuttavia, indubbio che i trasversi correnti partecipino, grazie alla rigidezza flessionale, alla ripartizione dei carichi mobili in direzione trasversale, assieme alla soletta. In questa sede, tenuto conto che il rapporto tra le rigidzze trasversali della soletta e quella dei trasversi è molto elevato e, peraltro, difficilmente quantificabile in quanto legato alla rigidezza rotazionale dell'attacco tra trasverso e anima, si è preferito trascurare tale contributo benefico ed modellare il bi-trave come un semplice grigliato in cui gli elementi trasversali (strisce di soletta e trasversi) sono incernierati trasversalmente ai nodi con le travi. Si rimanda, pertanto, alla fase di progettazione esecutiva lo studio della verifica dei trasversi correnti ad anima piena. In questa sede, pertanto, si riporta la verifica dei trasversi di appoggio in combinazione sismica.

14.1. Verifica dei trasversi di appoggio in combinazione sismica

In forza della maggiore rigidezza flessionale offerta dai trasversi in appoggio (HEA 1000), rispetto alla rigidezza trasversale delle anime delle travi (pur se irrigidite) e trascurando la rigidezza flessionale dell'attacco con la soletta, si può assumere uno schema di calcolo semplificato come in figura 14.3.

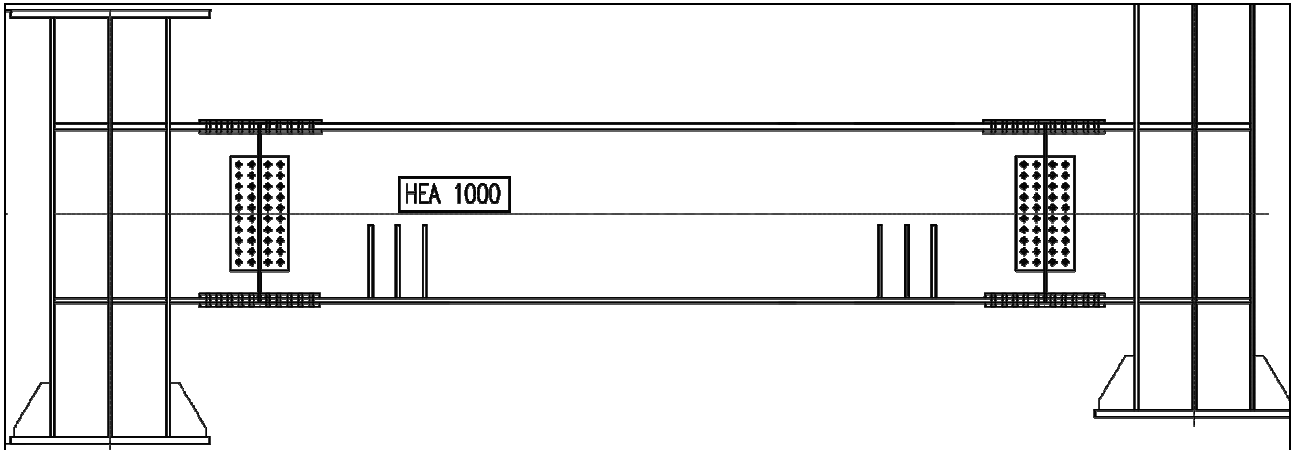


Figura 14.2: Geometria dei trasversi in appoggio

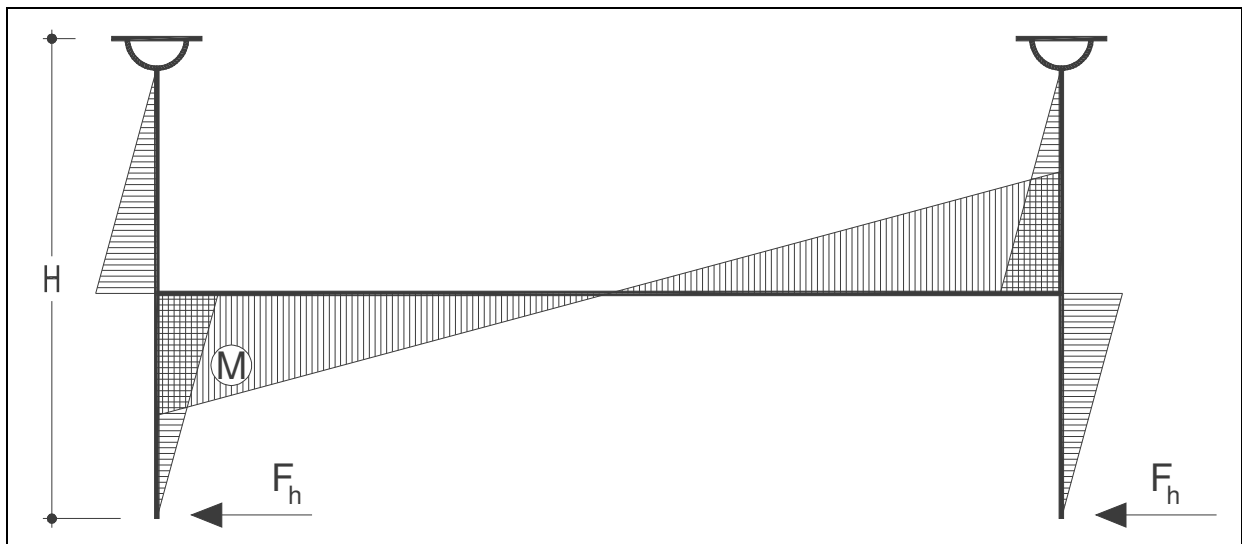


Figura 14.3: Modello di analisi dei trasversi in appoggio rispetto alle azioni sismiche

Il valore del momento flettente massimo agente sui nodi del trasverso è dato da

$$M = H \times F_h$$

essendo F_h l'azione sismica trasversale SLV scaricata sul singolo appoggio ed H l'altezza delle travi metalliche. Conseguentemente il taglio sul trasverso vale

$$T = 2 M / L$$

essendo L pari alla luce di calcolo del trasverso.

Traducendo in numeri quanto detto risulta (cfr. § 15):

$$F_h = 165 \text{ kN}$$

$$H = 2.50 \text{ m}$$

$$M = 165 \times 2.50 = 412.5 \text{ kNm}$$

$$L = 6 \text{ m}$$

$$T = 137.5 \text{ kN}$$

Pertanto la verifica di resistenza del trasverso è:

$$\sigma_{\text{tot,id,Ed}} = 73.54 \text{ N/mm}^2 \text{ (tensione ideale massima da pressoflessione + taglio)}$$

$$\sigma_{\text{tot,id,Ed}} / f_{yd} = 0.22 \leq 1 \text{ OK} = 73.54 / (355.00 / 1.05)$$

15. VERIFICA DEL SISTEMA DI VINCOLO (APPOGGI E GIUNTI)

Come anticipato in premessa, per la presente opera sono previsti sulle spalle apparecchi di appoggio isolatori **HDRB** (*appoggi in elastomero ad alto smorzamento $\xi > 10\%$*). Si prevede l'uso di una *mescola normale con*:

$G_{din} \cong 0.8 \text{ MPa} \Rightarrow$ *modulo di elasticità tangenziale dinamico.*

Nel seguito si illustra la procedura di dimensionamento della rigidità del sistema di isolamento.

Fissando il valore del periodo della struttura isolata, per lo spostamento massimo, pari a $T_{is} \cong 2.00 \text{ s}$ si ottiene:

$$T_{is} = 2\pi\sqrt{m/k_{tot}} \Rightarrow k_{tot} \cong 7895 \text{ kN/m}$$

$m \cong 800 \text{ t} \Rightarrow$ *massa totale impalcato ($G_k \cong 165 \text{ kN/m}$, $L = 47.60 \text{ m}$).*

Considerando n.2 dispositivi per n.2 allineamenti si ottiene per il singolo dispositivo:

$$k_{is} = k_{tot}/4 \cong 1.97 \text{ kN/mm}.$$

Si utilizza un dispositivo avente valore di rigidità equivalente (valore riferito ai cataloghi dei produttori):

$$k_{eq} = 2.36 \text{ kN/mm}.$$

A tale rigidità corrisponde il periodo effettivo:

$$T_{eff} \cong 1.83 \text{ s}$$

Nei grafici seguenti si riportano gli spettri in spostamento per lo **SLV** e lo **SLC**.

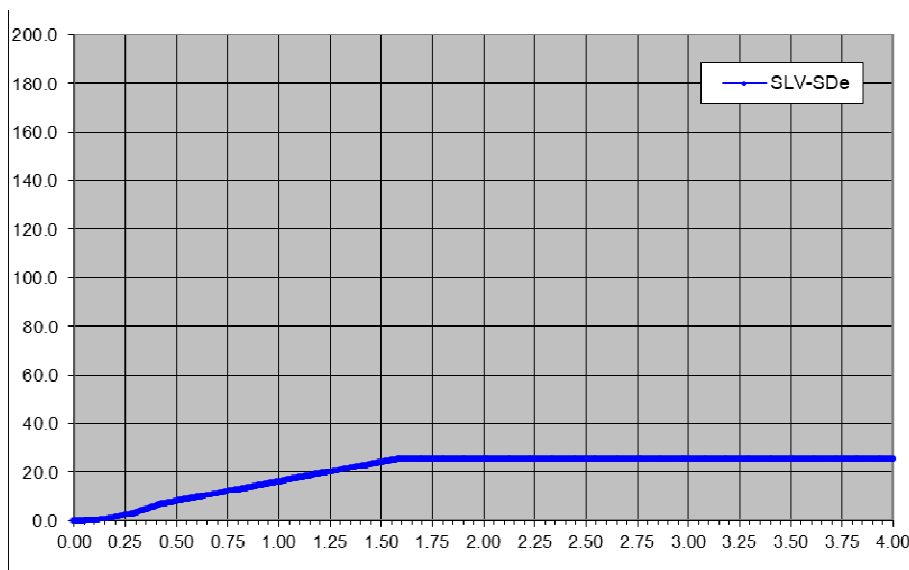


Figura 15.1: Spettro in spostamento SLV

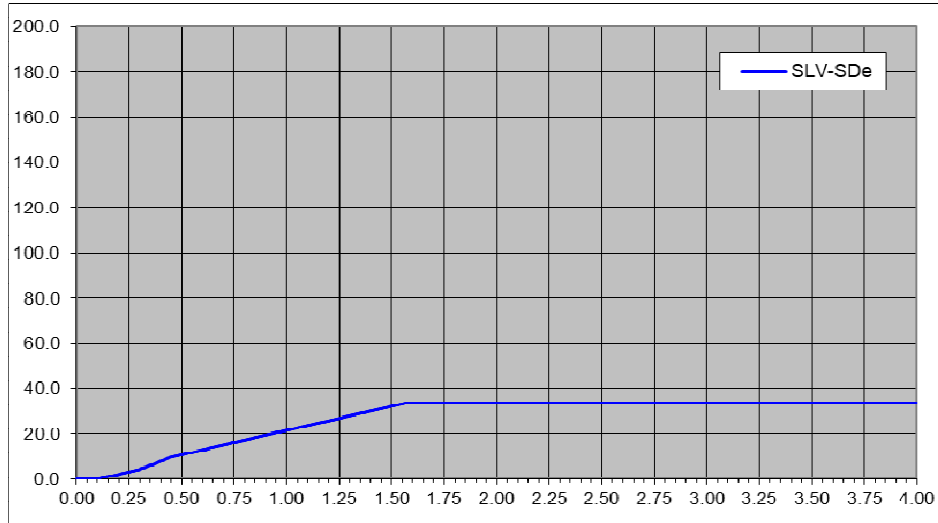


Figura 15.2. Spettro in spostamento SLC

Lo spostamento massimo allo **SLC** risulta pari a **34 mm**.

Lo spostamento massimo allo **SLV** risulta pari a **25 mm**.

Si riportano nella tabella seguente le caratteristiche geometriche e deformative allo **SLC** degli isolatori e l'escursione massima dei giunti allo **SLV** (si considera il contributo dell'azione termica ridotto).

Isolatori	K_h (rigidezza orizzontale equivalente)	D_{gomma}	t_{gomma}	V_{gomma}	n.	$\delta_{\text{SLC } x}$	$\delta_{\text{SLC } y}$
	[kN/mm]	[mm]	[mm]	[dm ³]	[-]	[mm]	[mm]
VI02	2.36	450	54	8.584	4	40	35

Escursione giunti	SLV x	SLV y
	[±mm]	[±mm]
VI02	35	25

Le forze trasmesse dal singolo dispositivo alle sottostrutture sono pari a:

$$F_{x,SLV} \cong 85 \text{ kN}$$

$$F_{y,SLV} \cong 60 \text{ kN};$$

$$F_{x,SLC} \cong 95 \text{ kN}$$

$$F_{y,SLC} \cong 85 \text{ kN}.$$

16. SPALLE

A seguire si riportano le verifiche strutturali della spalla più alta. Ai fini della verifica delle sezioni di spiccato (muro frontale e d'ala) si utilizzano le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo di fondazione.

16.1. Verifica muro frontale

DATI GEOMETRICI

Larghezza striscia di parete considerata =	1.000	m
Spessore parete =	2.000	m
Altezza totale parete H_{tot} =	7.500	m
Altezza spingente H =	7.500	m
Armatura a flessione (tesa)	1Ø24/10 =	45.239 cm ²
Armatura a taglio	1Ø8/20/40 =	6.283 cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - R_{ck}	35.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =	25.000	kN/m ³
Barre di armatura - f_{yk}	450.000	N/mm ²

AZIONI SUGLI APPOGGI

Altezza apparecchi d'appoggio rispetto spiccato fondazione h =	4.500	m
Interasse apparecchi d'appoggio =	6.000	m

SCARICHI IN ESERCIZIO

Scarico verticale massimo in combinazione SLU	3700.000	kN
Scarico verticale minimo in combinazione SLU	2565.000	kN
Scarico orizzontale massimo in combinazione SLU	250.000	kN

SCARICHI SISMICI

Scarico verticale minimo in combinazione SLV	1900.000	kN
Scarico orizzontale massimo in combinazione SLV	180.000	kN

VALUTAZIONE SPINTA STATICA (A RIPOSO)

Peso specifico γ_t =	18.000	kN/m ³
Peso specifico γ_{sat} =	18.000	kN/m ³
Angolo di attrito interno \varnothing =	33.000	°
Coefficiente di spinta a riposo k_0 =	0.455	

Spinta statica terreno = 230.526 kN/m

VALUTAZIONE INCREMENTO SPINTA STATICA DA CARICHI VARIABILI

Sovraccarico sul terrapieno (equivalente al traffico stradale) $q = 20.000$ kN/m²
Incremento spinta statica da sovraccarico variabile = 68.304 kN/m

VALUTAZIONE AZIONE SISMICA (WOOD)

Accelerazione di picco $a_g/g = 0.048$
Coefficiente di flessibilità $\beta = 1.000$
Coefficiente di categ. sottosuolo $S_s = 3.364$
Coefficiente di amplif. topografica $S_T = 1.000$
Coefficiente sismico orizzontale $k_h = 0.161$
Spinta dinamica terreno = 163.490 kN/m
Inerzia parete = 60.552 kN/m

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO PIASTRA

Riduzione delle sollecitazioni M e T allo spiccato 0%

COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Coeff. parziale carichi permanenti $\gamma_G = 1.350$
Coeff. parziale carichi variabili $\gamma_Q = 1.350$
Coeff. di combinazione carichi variabili $\psi_1 = 0.750$
Coeff. di combinazione carichi variabili $\psi_2 = 0.000$

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo in comb. SLU $1.35 * 230.53 + 1.35 * 68.30 + 250 / 6.00 = 445.088$ kN
Taglio massimo in combinazione SLV $230.53 + 163.49 + 60.55 + 180 / 6.00 = 484.569$ kN
 $V_{Rd} = 682.559$ kN
 $V_{Rcd} = 5'869.179$ kN
 $V_{Rsd} = 858.556$ kN
Esito verifica OK

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo in combinazione SLU 1700.330 kNm
Sforzo assiale massimo SLU $1.35 * 25 * 7.50 * 2.00 + 3700 / 6.00 = 1122.917$ kN/m
Coefficiente di sicurezza SLU $\eta_{sic} = 2.526$ OK
Sforzo assiale minimo SLU $1.35 * 25 * 7.50 * 2.00 + 2565 / 6.00 = 933.750$ kN
Coefficiente di sicurezza SLU $\eta_{sic} = 2.434$ OK
Momento massimo SLV $(230.53 + 163.49 + 60.55) * 7.50 / 2 + 180 / 6.00 * 4.50 = 1839.633$ kNm
Sforzo assiale concomitante SLV $25 * 7.50 * 2.00 + 1900 / 6.00 = 691.667$ kN
Coefficiente di sicurezza SLV $\eta_{sic} = 2.139$ OK
Momento massimo in combinazione SLE R (rara) 1259.504 kNm
Sforzo assiale massimo in combinazione SLE R 831.790 kN

Verifiche tensionali SLE R	$\sigma_c =$	2.230	OK
Sforzo assiale minimo in combinazione SLE R		691.667	kN
Momento massimo in combinaz. SLE FR (frequente)	$\sigma_s =$	19.087	OK
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE FR		1160.746	kNm
Momento di fessurazione SLE FR		612.500	kN
wk [mm]		1969.075	kNm
Momento massimo in comb. SLE QP (quasi perman.)		0.000	mm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE QP		864.474	kNm
Verifiche tensionali SLE QP	$\sigma_c =$	375.000	kN
Momento di fessurazione		1.428	OK
wk [mm]		1890.523	kNm
		0.000	mm

16.2. Verifica paraghiaia

DATI GEOMETRICI

Larghezza striscia di parete considerata =		1.000	m
Spessore parete =		0.400	m
Altezza spingente H =		3.500	m
Armatura a flessione (tesa)	1Ø26/10 =	53.093	cm ²
Armatura a taglio	1Ø8/20/40 =	6.283	cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - Rck		40.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =		25.000	kN/m ³
Barre di armatura - fyk		450.000	N/mm ²

VALUTAZIONE SPINTA STATICA (A RIPOSO)

Peso specifico γ_t =		18.000	kN/m ³
Peso specifico γ_{sat} =		18.000	kN/m ³
Angolo di attrito interno \emptyset =		33.000	°
Coefficiente di spinta a riposo k_0 =		0.455	
Spinta statica terreno =		50.204	kN/m

VALUTAZIONE INCREMENTO SPINTA STATICA DA CARICHI VARIABILI

Sovraccarico sul terrapieno (equivalente al traffico stradale) q =		20.000	kN/m ²
Incremento spinta statica da sovraccarico variabile =		31.875	kN/m

VALUTAZIONE EFFETTO LOCALE TRAFFICO SU PARAGHIAIA

Azione longitudinale localizzata =		180.000	kN
Azione verticale localizzata =		300.000	kN
Larghezza di applicazione del carico =		2.400	m

Carico distribuito verticale equivalente =	125.000 kN/m
Carico distribuito orizzontale equivalente =	75.000 kN/m

VALUTAZIONE AZIONE SISMICA (WOOD)

Accelerazione di picco a_g/g =	0.048
Coefficiente di flessibilità β =	1.000
Coefficiente di categ. sottosuolo S_s =	3.364
Coefficiente di amplif. topografica S_T =	1.000
Coefficiente sismico orizzontale k_h =	0.161
Spinta dinamica terreno =	76.296 kN/m
Inerzia parete =	5.652 kN/m

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO PIASTRA

Riduzione delle sollecitazioni M e T allo spiccato	0%
--	----

COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Coeff. parziale carichi permanenti γ_G =	1.350
Coeff. parziale carichi variabili γ_Q =	1.350
Coeff. di combinazione carichi variabili ψ_1 =	0.750
Coeff. di combinazione carichi variabili ψ_2 =	0.000

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo in comb. SLU	$1.35 * 50.20 + 1.35 * (31.88 + 75.00) =$	212.056 kN
Taglio massimo in combinazione SLV	$50.20 + 76.30 + 5.65 =$	132.151 kN
V_{Rd}		273.277 kN
V_{Rcd}		1'156.731 kN
V_{Rsd}		150.469 kN
Esito verifica		OK

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo in combinazione SLU		548.286 kNm
Sforzo assiale concomitante SLU	$1.35*25*3.50*0.40 + 1.35*125 =$	216.000 kN/m
Coefficiente di sicurezza SLU	$\eta_{sic} =$	1.103 OK
Momento massimo SLV	$(50.20+76.30+5.65)*3.50 / 2 =$	231.264 kNm
Sforzo assiale concomitante SLV	$25 * 3.50 * 0.40 =$	35.000 kN
Coefficiente di sicurezza SLV	$\eta_{sic} =$	2.552 OK
Momento massimo in combinazione SLE R (rara)		406.138 kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE R		160.000 kN
Verifiche tensionali SLE R	$\sigma_c =$	17.580 OK
	$\sigma_s =$	255.630 OK
Momento massimo in combinaz. SLE FR (frequente)		326.567 kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE FR		128.750 kN

Momento di fessurazione SLE FR		104.025	kNm
wk [mm]		0.131	mm
Momento massimo in comb. SLE QP (quasi perman.)		87.856	kNm
Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE QP		35.000	kN
Verifiche tensionali SLE QP	$\sigma_c =$	3.056	OK
Momento di fessurazione		98.867	kNm
wk [mm]		0.000	mm

16.3. Verifica muro d'ala

DATI GEOMETRICI

Larghezza striscia di parete considerata =		1.000	m
Spessore parete =		0.750	m
Altezza totale parete H_{tot} =		7.500	m
Altezza spingente H =		7.500	m
Armatura a flessione (tesa)	1Ø26/10 =	53.093	cm ²
Armatura a taglio	1Ø10/20/40 =	9.817	cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - Rck		35.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =		25.000	kN/m ³
Barre di armatura - fyk		450.000	N/mm ²

VALUTAZIONE SPINTA STATICA (A RIPOSO)

Peso specifico γ_t =		18.000	kN/m ³
Peso specifico γ_{sat} =		18.000	kN/m ³
Angolo di attrito interno \varnothing =		33.000	°
Coefficiente di spinta a riposo k_0 =		0.455	
Spinta statica terreno =		230.526	kN/m

VALUTAZIONE INCREMENTO SPINTA STATICA DA CARICHI VARIABILI

Sovraccarico sul terrapieno (equivalente al traffico stradale) q =		20.000	kN/m ²
Incremento spinta statica da sovraccarico variabile =		68.304	kN/m

VALUTAZIONE AZIONE SISMICA (WOOD)

Accelerazione di picco a_g/g =		0.048	
Coefficiente di flessibilità β =		1.000	
Coefficiente di categ. sottosuolo S_s =		3.364	
Coefficiente di amplif. topografica S_T =		1.000	
Coefficiente sismico orizzontale k_h =		0.161	
Spinta dinamica terreno =		163.490	kN/m

Inerzia parete = 22.707 kN/m

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO PIASTRA

Riduzione delle sollecitazioni M e T allo spiccato 30%

COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Coeff. parziale carichi permanenti $\gamma_G = 1.350$

Coeff. parziale carichi variabili $\gamma_Q = 1.350$

Coeff. di combinazione carichi variabili $\psi_1 = 0.750$

Coeff. di combinazione carichi variabili $\psi_2 = 0.000$

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo in comb. SLU $0.70 * [1.35 * 230.53 + 1.35 * 68.30] = 282.395$ kN

Taglio massimo in combinazione SLV $0.70 * [230.53 + 163.49 + 22.71] = 291.707$ kN

$V_{Rd} = 378.223$ kN

$V_{Rcd} = 2'067.827$ kN

$V_{Rsd} = 477.129$ kN

Esito verifica OK

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo in combinazione SLU 1058.981 kNm

Sforzo assiale concomitante SLU $1.35 * 25 * 7.50 * 0.75 = 189.844$ kN/m

Coefficiente di sicurezza SLU $\eta_{sic} = 1.268$ OK

Momento massimo SLV $0.70 * [(230.53 + 163.49 + 22.71) * 7.50 / 2] = 1093.900$ kNm

Sforzo assiale concomitante SLV $25 * 7.50 * 0.75 = 140.625$ kN

Coefficiente di sicurezza SLV $\eta_{sic} = 1.217$ OK

Momento massimo in combinazione SLE R (rara) 784.430 kNm

Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE R 140.625 kN

Verifiche tensionali SLE R $\sigma_c = 10.162$ OK

$\sigma_s = 234.002$ OK

Momento massimo in combinaz. SLE FR (frequente) 1056.580 kNm

Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE FR 140.625 kN

Momento di fessurazione SLE FR 306.406 kNm

$w_k [mm] = 0.259$ mm

Momento massimo in comb. SLE QP (quasi perman.) 605.132 kNm

Sforzo assiale concomitante in combinazione SLE QP 140.625 kN

Verifiche tensionali SLE QP $\sigma_c = 7.885$ OK

Momento di fessurazione 306.406 kNm

$w_k [mm] = 0.145$ mm

16.4. Fondazione

Si riporta a seguire la verifica di resistenza della mensola di monte della fondazione

DATI GEOMETRICI

Spessore suola di fondazione =		2.000	m
Larghezza striscia di suola considerata =		3.600	m
Interasse pali =		3.600	m
Braccio rispetto al baricentro dell'elevazione		1.100	m
Armatura a flessione (tesa)	1Ø24/10 =	162.860	cm ²
Armatura a taglio	1Ø12/20/40 =	50.894	cm ² /m

MATERIALI

Calcestruzzo - Rck	35.000	N/mm ²
- peso di volume γ_{cls} =	25.000	kN/m ³
Barre di armatura - fyk	450.000	N/mm ²

AZIONI

Scarico massimo su palo =	5930.000	kN
---------------------------	----------	----

VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO

Taglio massimo	$5930 / 3.60 * 3.60 =$	5930	kN
VRd		2095	kN
VRcd		20694	kN
VRsd		6954	kN
Esito verifica		OK	

VERIFICA DI RESISTENZA A FLESSIONE

Momento massimo di progetto MEd	$5930.00 * 1.10 =$	6523.000	kNm
Momento resistente MRd		12000.000	kNm
Coefficiente di sicurezza SLU	$\eta_{sic} =$	1.840	OK