

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA
E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

PROGETTO DEFINITIVO

OPERE D'ARTE MAGGIORI

AMPLIAMENTO VIADOTTO RIO CASALINO

RELAZIONE DI CALCOLO

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Lucio Ferretti Torricelli Ord. Ingg. Brescia N.2188 RESPONSABILE UFFICIO STR	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A CAPO COMMESSA	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE
--	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA: DICEMBRE 2014	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
-	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
-	1	1001302				STR0076--				
								SCALA: -		

 ingegneria europea	RESPONSABILE PROGETTO GENOVA Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI : -
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI : Ing. Alessandra Marchiondelli - O.I. Milano n° A 25126
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Lucio Ferretti Torricelli - O.I. Brescia N. 2188

VISTO DEL COMMITTENTE  R.U.P. - Ing. Andrea Frediani	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONI AUTOSTRADALI
--	--

1.	Introduzione	4
1.1	Descrizione generale dell'opera	4
1.2	Normative di riferimento	6
1.3	Contestualizzazione dell'opera	7
1.3.1	Condizioni ambientali	7
1.3.2	Classi di esposizione	7
1.3.3	Classificazione traffico	7
1.3.4	Caratteristiche materiali	8
1.3.5	Classe di esecuzione	9
1.3.6	Coefficienti parziali di sicurezza	9
1.4	Software di calcolo	11
1.5	Convenzioni generali	12
2.	Impostazioni generali	13
2.1	Analisi strutturale	13
2.1.1	Geometria dell'opera	13
2.1.2	Fasi di analisi	13
2.1.3	Coefficienti di omogeneizzazione	15
2.1.4	Larghezze di soletta collaborante	16
2.1.5	Conci di impalcato e sezioni tipo	17
2.1.6	Sezioni di verifica	18
2.1.6.1	Proprietà geometrico-statiche	18
2.1.6.2	Proprietà plastiche delle sezioni	19
2.1.6.3	Preclassificazione delle sezioni	21
2.2	Combinazioni di verifica	21
2.3	Metodologia di verifica per la struttura d'ampliamento	22
2.3.1	Metodo plastico	23
2.3.2	Metodo elastico	25
2.3.3	Procedura di verifica	26
2.3.3.1	Azione assiale N, flessione M ed effetti combinati N-M	26
2.3.3.2	Taglio V	27
2.3.3.3	Interazione azione assiale-taglio-flessione (N-V-M)	28
2.4	Metodologia di verifica per la struttura esistente	28
3.	Analisi dei carichi	28
3.1	Carichi agenti in fase 1	29
3.1.1	Peso proprio impalcato esistente al netto delle demolizioni degli sbalzi (g_1)	29
3.1.2	Peso proprio acciaio della porzione in ampliamento (g_1')	29
3.1.3	Peso proprio soletta d'ampliamento (g_1'')	30
3.2	Carichi agenti in fase 2	30
3.2.1	Sovraccarichi permanenti (g_2)	30
3.2.2	Reologia calcestruzzo (ε_2)	30

3.3	Carichi agenti in fase 3	31
3.3.1	Variazioni termiche (ε_3)	31
3.3.1.1	Variazioni termiche uniformi Δt_N	31
3.3.1.2	Variazioni termiche lineari Δt_M	32
3.3.1.3	Combinazione degli effetti uniformi e lineari	33
3.3.2	Carichi mobili (q_1)	33
3.3.3	Azioni di frenatura (q_3)	35
3.3.4	Gruppi di azioni da traffico	35
3.3.5	Azione del vento (q_5)	35
3.3.5.1	Vento sull'impalcato	36
3.3.5.2	Vento sulle pile	38
3.3.6	Azione sismica (q_6)	40
4.	Analisi strutturale	43
4.1	Generalità	43
4.2	Output sintetico delle sollecitazioni	44
4.2.1	Trave d'ampliamento	44
4.2.2	Trave in c.a.p. esistente	49
5.	Verifiche strutturali della porzione in ampliamento	55
5.1	Generalità	55
5.2	S.L.U. - resistenza delle sezioni	56
5.2.1	Generalità	56
5.2.2	Report sintetico verifiche travi principali	57
5.3	S.L.E. - limitazione delle tensioni	68
5.3.1	Generalità	68
5.3.2	Report sintetico verifiche travi principali	68
5.4	S.L.E. - "web breathing"	76
5.4.1	Generalità	76
5.4.2	Report sintetico per le travi principali	77
5.5	FATICA: verifiche	85
5.5.1	Generalità	85
5.5.2	Amplificazione dinamica	88
5.5.3	Dettagli di riferimento	89
5.5.4	Verifiche e coefficienti di sicurezza	89
5.5.5	Report sintetico verifiche travi principali	90
5.6	Verifica connessione trave-soletta	106
5.6.1	Generalità	106
5.6.2	Caratteristiche piolatura	110
5.6.3	Valutazione resistenza piolatura	110
5.6.4	Detailing	111
5.6.5	Report sintetico delle verifiche	112

6.	Verifiche strutturali dell'impalcato esistente	135
6.1	Generalità	135
6.2	Travi principali in c.a.p.	137
6.2.1	Verifiche a flessione	137
6.2.2	Verifiche a taglio	138
7.	Analisi e verifica delle pile	139
7.1	Generalità	139
7.2	Modellazione	139
7.3	Riepilogo risultati analisi statica	141
7.3.1	Sollecitazioni statiche in fondazione	146
7.4	Riepilogo risultati analisi sismica	147
7.4.1	Sollecitazioni sismiche in fondazione	157
8.	Analisi e verifica delle spalle	158
8.1	Generalità	158
8.2	Analisi dei carichi	159
8.3	Corpo spalla esistente	159
8.3.1	Sezione di spiccato paraghiaia	160
8.3.2	Sezione di spiccato paramento	160
8.3.3	Sezione di intradosso fondazione	161
8.4	Corpo spalla d'ampliamento	162
8.4.1	Sezione di spiccato paraghiaia	162
8.4.2	Sezione di spiccato paramento	163
8.4.3	Sezione di intradosso fondazione	163

1. Introduzione

Il presente elaborato presenta il resoconto delle analisi e dei relativi risultati svolti per il progetto di ampliamento del viadotto Casalino, sito lungo il nuovo collegamento tra la Val Fontanabuona e l'autostrada A12.

1.1 Descrizione generale dell'opera

Il viadotto esistente in oggetto è un'opera a tre campate con carreggiate indipendenti; la scansione delle luci è data da 21.55+43.70+21.55 m per la carreggiata ovest e 28.65+43.70+28.65 m per la carreggiata est. L'impalcato di ciascuna carreggiata è costituito da n.5 travi in c.a.p. di altezza 2.60 m, poste ad un interasse di 1.26 m, e collegate trasversalmente da traversi in c.a.p. e dalla soletta, spessa 0.20 m e larga complessivamente 11.30 m.

Le pile sono costituite da due coppie di telai indipendenti, ciascuno formato da 3 fusti rettangolari collegati in sommità da un pulvino e alla base da un plinto su fondazione diretta.

Le spalle sono composte da massicci corpi a gravità su fondazione diretta.

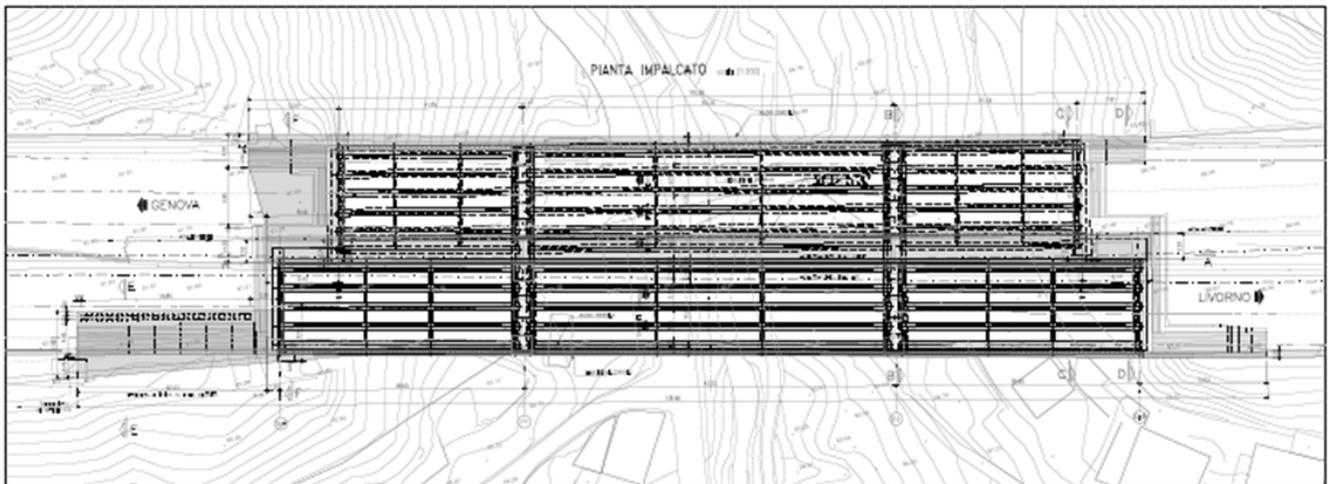
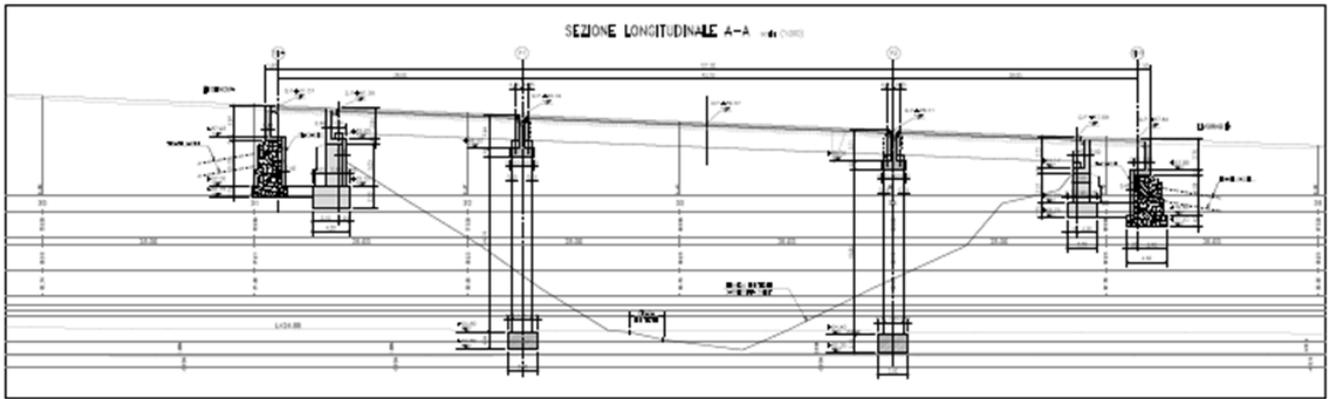
Il progetto di ampliamento prevede di affiancare all'impalcato esistente della carreggiata ovest una trave in acciaio collegata all'esistente sia a livello del traverso che a livello della soletta. La trave in acciaio, alta 2.60 m, è realizzata a doppio T in composizione saldata e collabora con la soletta in c.a. mediante connettori a piolo tipo Nelson, di diametro pari a 19.0 mm e altezza pari a 180 mm. La trave è organizzata in n. 5 conci, uniti tra loro mediante giunzioni saldate, di lunghezza inferiore ai 12 m.

I trasversi metallici sono costituiti da un profilo saldato a doppio T, di altezza pari a 2.20 m, e sono collegati da un lato alla trave metallica mediante bullonatura e dall'altro al traverso in c.a. mediante un'apposita giunzione con tasselli inghisati con resina epossidica.

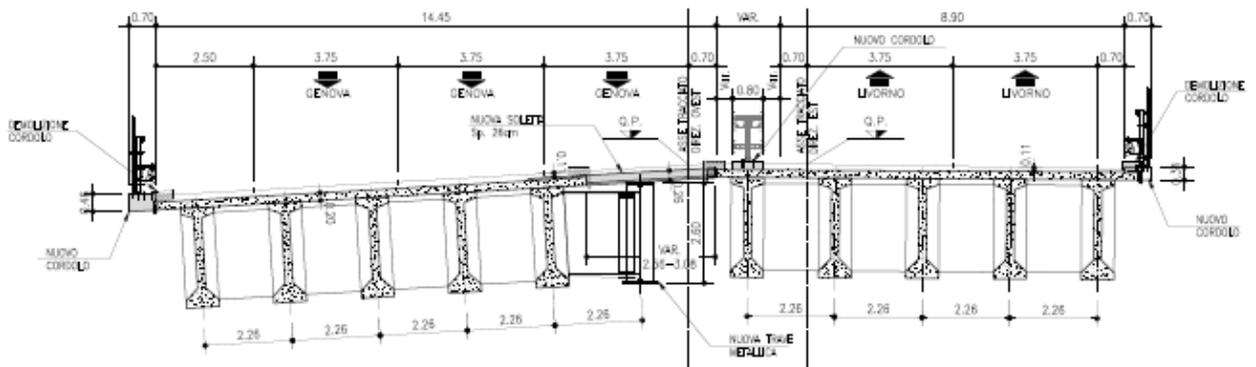
La soletta di nuova realizzazione presenta uno spessore di 26 cm, di cui 6.0 cm di coppella prefabbricata, dotata di armatura a traliccio, avente la funzione di cassero a perdere, e 20 cm di getto. La solidarizzazione con la soletta esistente avviene grazie all'interposizione di un'armatura chiodata al lembo inferiore, composta da $\phi 26/25$, e di un'armatura aggiuntiva al lembo superiore, composta da $\phi 12/20$.

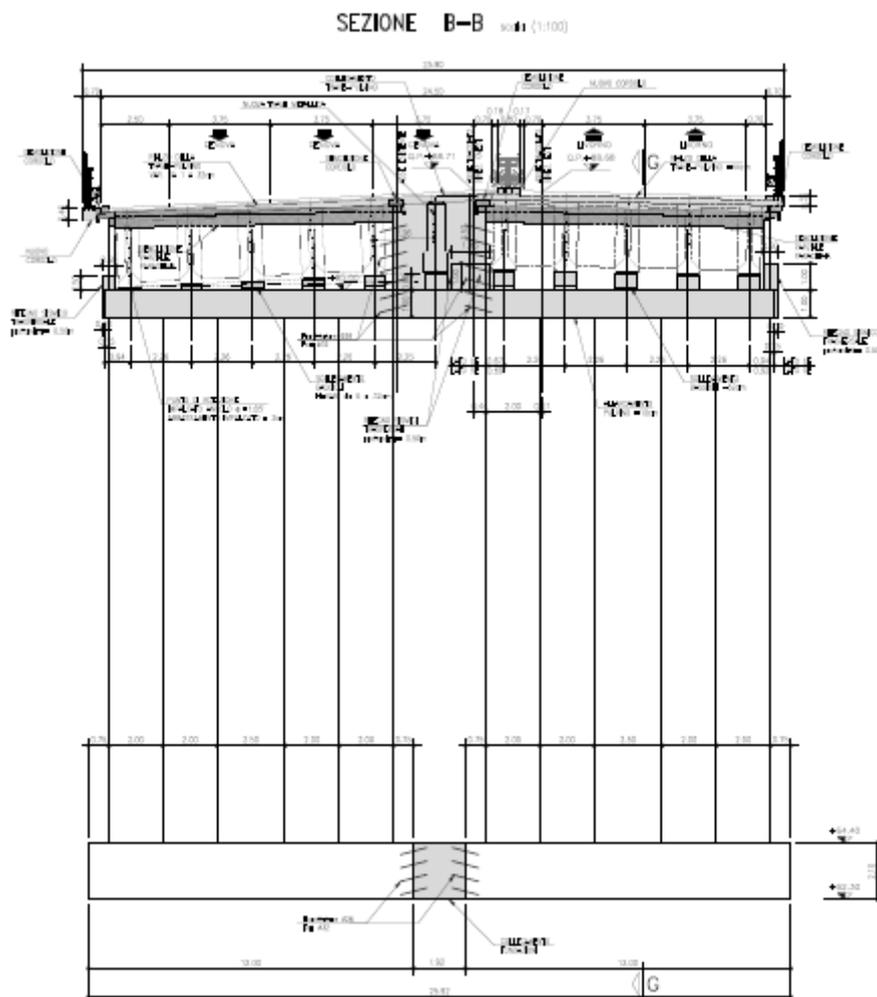
L'ampliamento delle spalle esistenti viene realizzato mediante un'espansione laterale che funge da sella di appoggio per la nuova trave. A livello delle pile, le due strutture a telaio, inizialmente indipendenti per ciascuna carreggiata, vengono ora collegate a livello di pulvino e di plinto di fondazione.

Le figure seguenti riportano la generica sezione trasversale dell'impalcato, il prospetto dell'opera e la pianta della struttura principale.



SEZIONE TIPO IMPALCATO scd₁ (1:100)





1.2 Normative di riferimento

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla vigente normativa italiana e da quella europea (Eurocodici). In particolare, al fine di conseguire un approccio il più unitario possibile relativamente alle prescrizioni ed alle metodologie/criteri di verifica, si è fatto diretto riferimento alle varie parti degli Eurocodici, unitamente ai relativi National Application Documents, verificando puntualmente l'armonizzazione del livello di sicurezza conseguito con quello richiesto dalla vigente normativa nazionale.

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

D.M. 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC-08")

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008

UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento

UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche

UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti

UNI EN 1992-1-1:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1992-2:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
UNI EN 1993-1-1:	Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1993-2:	Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
UNI EN 1993-1-5:	Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
UNI EN 1993-1-8:	Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
UNI EN 1993-1-9:	Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica
UNI EN 1994-1-1:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1994-2:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
UNI EN 1998-2:	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
UNI EN 1090 - 1:	Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali
UNI EN 1090 - 2:	Esecuzione di strutture in acciaio e di alluminio – Requisiti tecnici per strutture in acciaio.

1.3 Contestualizzazione dell'opera

1.3.1 Condizioni ambientali

Per l'opera in esame si prevede l'esposizione al seguente "range" di temperature (NAD EN 1991-1-4):

$$T_{\min} = -9 \text{ °C}$$

$$T_{\max} = 39 \text{ °C}$$

Per l'umidità ambientale si assume:

$$RH = 80 \%$$

1.3.2 Classi di esposizione

Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, applicheranno le seguenti classi di esposizione:

soletta: XF4

baggioli: XF4

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati al punto seguente, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

1.3.3 Classificazione traffico

Con riferimento ai carichi mobili, il ponte è classificato di prima categoria.

Si considerano pertanto, ai fini delle verifiche per tutti gli S.L. (eccetto fatica) carichi di classe 1 secondo EN 1991-2 cap.4.

Le verifiche nei confronti dello S.L. di fatica vengono effettuate con riferimento al metodo dei coefficienti λ (EN 1993-2, cap. 9.5.2.).

Per la definizione dei parametri base, si fa riferimento ai seguenti criteri (EN 1991-2, EN 1993-2):

categoria traffico: 2 (asse viario con media intensità di pesante) EN 1991-2 4.6.1.(3)

N_{obs} : $0.5 \cdot 10^6$

Composizione traffico: Medium Distance

vita di progetto: $t_{id} = 100$ anni

approccio: safe life (γ_M) 1.35

1.3.4 Caratteristiche materiali

Le caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati sono di seguito specificate, unitamente ai soli parametri distintivi impiegati nell'analisi della struttura.

Calcestruzzo soletta:

cls classe C35/45 MPa

$E_c = 34077$ MPa modulo elastico a breve termine

$\nu = 0.2$ modulo di Poisson

$\alpha_t = 1.0 \cdot 10^{-5}$ coefficiente dilatazione termica

$f_{ck} = 35.0$ MPa resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$f_{ctm} = 3.2$ MPa resistenza media a trazione

Acciaio in barre nervate

Acciaio tipo B450C

Acciaio per carpenteria

Acciaio tipo S355 autoprotetto

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

$\nu = 0.27$ modulo di Poisson

$\alpha_t = 1.2 \cdot 10^{-5}$ coefficiente dilatazione termica

Bulloni

Bulloni cl 10.9.

Ad esclusione delle controventature di montaggio, tutte le bullonature sono da considerarsi di categoria "B" ai sensi della EN 1993-1.8 ("slip resistant at serviceability"), con classe di preparazione "C" secondo EN 1090.

Saldature

Le giunzioni di assemblaggio dei conci metallici sono realizzate in opera a piena penetrazione.
Salvo diversamente specificato negli elaborati di dettaglio, le rimanenti unioni saldate sono ad angolo.

1.3.5 Classe di esecuzione

La classe generale di esecuzione dell'opera è EXC3 secondo EN 1090-2.

Per le saldature delle travi, e per le tolleranze geometriche degli elementi principali si prevede classe EXC4

1.3.6 Coefficienti parziali di sicurezza

Relativamente ai coefficienti parziali dei materiali si fa riferimento, nell'ambito delle rispettive verifiche, a quanto contenuto in tabella.

Coefficienti di sicurezza materiali**Carpenteria metallica**

γ_{mo}	1.05	verifiche S.L.U. - resistenza
γ_{m1}	1.10	verifiche S.L.U. - buckling
γ_{m2}	1.25	verifiche S.L.U. - frattura in trazione
$\gamma_{m,ser}$	1.00	verifiche S.L.E. - limitazione delle tensioni
γ_{Ff}	1.00	verifiche S.L. fatica
γ_{Mf}	1.35	non fail safe (vita illimitata)

riferimenti:

NTC 08 tab. 4.2.V
 EN 1993-1-1 6.1.(1) + N.A.D.
 EN 1993-2
 EN 1993-1-9 cap. 3.(8) - cap. 8.

Piolature

γ_v	1.25	verifiche S.L.U. - resistenza
k_s	0.75	verifiche S.L.E.
γ_{Mf}	1.15	fail safe (vita illimitata)

riferimenti:

NTC 08 cap. 4.3.3
 EN 1994-2 cap. 6.6.3.1.(1)

Bullonature

γ_{m2}	1.25	resistenza S.L.U.
γ_{m3}	1.25	scorrimento S.L.U. (bull. Cat. C)
$\gamma_{m3,ser}$	1.10	scorrimento S.L.E. (bull. Cat. B)

riferimenti:

NTC 08 tab. 4.2.XII
 EN 1993-1-8 2.2.(2) + N.A.D.
 EN 1090-2

Saldature

γ_{m2}	1.25	resistenza S.L.U.
β_w	0.90	correlation factor (cord. Angolo)

riferimenti:

NTC 08 4.2.8.2.4
 EN 1993-1-8 4.5.3.2.(4) + N.A.D.
 EN 1090-2

Calcestruzzo

α_{cc}	0.85	carichi di lunga durata (quando rilevante)
γ_c	1.50	S.L.U.

riferimenti:

NTC 08 cap. 4.1.2.1.1.1
 NTC 08 cap. 4.3.3
 EN 1992-1-1 2.4.2.4

Acciaio in barre

γ_s	1.15	resistenza S.L.U.
------------	------	-------------------

riferimenti:

NTC 08 cap. 4.1.2.1.1.3
 NTC 08 cap. 4.3.3

1.4 Software di calcolo

Per l'analisi strutturale dell'opera si adotta il metodo degli elementi finiti; si utilizza, a tale fine, il pacchetto software denominato "LUSAS (vers. 14.7)", fornito da F.E.A. (U.K.) su piattaforma windows NT. Il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base e all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

Per le verifiche delle sezioni in acciaio ed acciaio calcestruzzo si adotta il programma "Ponti EC4" sviluppato da Alhambra s.r.l.. Il programma opera sulla base di un database di sezioni opportunamente sincronizzato con quello del sistema ad elementi finiti, ed effettua le verifiche di resistenza e di stabilità locale di membrature in acciaio ed acciaio-clt sulla base dei criteri contenuti negli Eurocodici di riferimento (EN 1993, EN 1994), e in osservanza a quanto previsto da NTC-08.

In particolare, la procedura opera, per ciascuna sezione, le seguenti verifiche:

- calcolo proprietà geometrico - statiche delle sezioni nelle varie fasi considerate

S.L.U. :

- identificazione delle sezioni, consistente nella preclassificazione dei singoli componenti, e nella classificazione effettiva, effettuata sulla base di ciascuna combinazione di carico.
- verifica per tensioni normali (interazione N/M):
 - sezioni cl. 1 e 2: analisi e verifica plastica di ciascuna sezione, e deduzione del rapporto di sfruttamento plastico;
 - sezioni classe 3: analisi tensionale elastica su sezione lorda, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico;
 - sezioni classe 4: analisi tensionale elastica su sezione efficace, con calcolo del rapporto di sfruttamento elastico;
- taglio: verifica a taglio plastico, includendo i fenomeni di shear buckling
- interazione pressoflessione - taglio (N-M-V): deduzione del rapporto di sfruttamento finale della sezione
- verifica rapporto v_{Ed}/v_{Rd} piolature (sezioni con rapporto di sfruttamento plastico a flessione ≤ 1 ;
- calcolo plastico piolature (sezioni con rapporto di sfruttamento plastico a flessione > 1).

S.L.E. :

- verifica elastica S.L. delle tensioni in esercizio
- verifica Web Breathing
- fessurazione soletta
- verifica elastica piolature

Fatica:

- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , per preselezionate categorie di dettaglio;
- verifica, con il metodo dei coefficienti λ , della connessione travi/soletta

1.5 Convenzioni generali

Nel prosieguo del presente elaborato si adotteranno le notazioni contemplate dalle varie norme EN di riferimento.

Le unità di misura sono quelle relative al sistema internazionale, ovvero:

lunghezze: m

forze - coppie: kN

tensioni: MPa

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Convenzioni specifiche verranno riportate nel prosieguo della presente relazione.

Si farà riferimento, di norma, a sistemi di tipo cartesiano ortogonale, in cui, in generale, si ha piano x-y orizzontale, con x posto tangente al tracciato nel punto in esame ed asse z verticale.

In generale, per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

F_x azione assiale

F_y azione tagliante agente nel piano orizzontale

F_z azione tagliante agente nel piano verticale

M_x momento torcente

M_y momento flettente agente nel piano verticale

M_z momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x , F_z , M_y , dal momento che risultano non significativi i contributi F_y , M_x ed M_z .

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

M (M_f) in luogo di M_y

V in luogo di F_z

T in luogo di M_x

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave

- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

2. Impostazioni generali

2.1 Analisi strutturale

2.1.1 Geometria dell'opera

La geometria della porzione esistente di struttura è stata dedotta dalla documentazione di progetto e dai risultati dell'accurato rilievo effettuato sull'opera nel suo stato di fatto attuale. Per tutti i dettagli si rimanda alla relazione "Relazione tecnica Contest" redatta dalla ditta Contest Rilievo controllo progettazione.

Per quanto riguarda, invece, la geometria delle porzioni in ampliamento, la configurazione finale dell'opera è quella mostrata in figura, dove l'impalcato che ospita la carreggiata in direzione Genova è stato ampliato mediante l'inserimento di una trave metallica lato spartitraffico, collegata all'esistente mediante un sistema di traversi e la soletta in c.a..



2.1.2 Fasi di analisi

Per l'analisi dell'opera si ricorre ad un modello agli elementi finiti. La travata viene modellata mediante elementi di tipo "thick beam" come un grigliato di travi e traversi, collegati alle spalle mediante elementi di tipo "joint" opportunamente selezionati ed orientati allo scopo di restituire gli effettivi gradi di libertà forniti dalle apparecchiature di vincolo.

Data la natura delle travi in sezione mista e l'evoluzione dallo stato di fatto alla configurazione ampliata, l'analisi globale dell'impalcato viene eseguita differenziando le fasi di vita della struttura riassunte in tabella e descritte più in dettaglio nel seguito:

Fase	Carichi	Sezione resistente
1	peso proprio acciaio + soletta	trave metallica
2a	pesi permanenti portati	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_{2a}
2b	ritiro e cedimenti	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_{2b}
3	azioni accidentali	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_0

Fase 1

In fase 1 si opera innanzitutto la demolizione degli sbalzi dell'impalcato esistente, che in tale fase risulta ancora indipendente rispetto alla porzione in ampliamento. Per quanto riguarda quest'ultima, invece, tale fase coincide con la posa in opera delle travi e dei traversi in acciaio e il getto della soletta in calcestruzzo; la sezione resistente delle travi nuove è relativa al solo acciaio così come quella dei traversi, essendo la soletta in calcestruzzo non ancora collaborante; i carichi agenti sull'ampliamento sono quelli dovuti al peso proprio di travi e traversi ed al getto della soletta in calcestruzzo.

Fase 2

In fase 2 la configurazione dell'opera è già quella finale, con le porzioni in ampliamento solidarizzate con l'impalcato esistente; in tale fase vengono esaminati i carichi di tipo permanente, ovvero:

- pesi permanenti portati (peso dei cordoli, dei guardavia e del manto di finitura)
- cedimenti vincolari dei sostegni
- ritiro della soletta in calcestruzzo

Tali carichi sono stati considerati in due differenti condizioni in base alla loro durata:

- o fase 2a: si considerano i soli carichi permanenti;
- o fase 2b: si considerano agenti il ritiro ed i cedimenti vincolari.

La sezione resistente è quella composta acciaio/calcestruzzo; si tiene conto, per i carichi di tale fase, dell'influenza della viscosità omogeneizzando le aree in calcestruzzo ad acciaio secondo i coefficienti di omogeneizzazione descritti nel seguito.

Fase 3

In tale fase, sempre sulla configurazione finale con le porzioni in ampliamento solidarizzate con l'impalcato esistente, si considera, di volta in volta, la presenza di tutti i contributi di carico di tipo istantaneo, ovvero:

- carichi mobili ed azioni collegate (frenatura, centrifuga, ...)
- variazioni termiche
- azioni di breve durata in genere (ad es.: vento, etc)

La sezione resistente è anche in questo caso quella composta acciaio/calcestruzzo; in questo caso, però, l'omogeneizzazione delle aree in calcestruzzo avviene secondo il coefficiente n di breve durata, definito nel seguito.

2.1.3 Coefficienti di omogeneizzazione

Lo studio dell'impalcato viene eseguito, come d'uso per strutture composte di questo tipo, "omogeneizzando" la sezione di calcestruzzo ad acciaio. In funzione della durata del carico si distinguono due tipi di coefficienti:

n_0 coefficiente di omogeneizzazione per carichi di breve durata;

n_L coefficiente di omogeneizzazione per carichi di lunga durata.

In particolare, il coefficiente di omogeneizzazione per carichi di breve durata risulta semplicemente pari al rapporto tra i moduli elastici di acciaio e calcestruzzo, ossia $n_0 = E_a / E_{cm}$. Nel presente caso si ha $n_0 = 6.16$.

Il coefficiente di omogeneizzazione per carichi di lunga durata, invece, viene valutato in accordo alla norma EN 1994-2 al punto 5.4.2.2, in funzione della fase di vita in esame e del tipo di carico applicato, nel seguente modo:

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \phi_t)$$

dove:

$$n_0 = E_a / E_{cm}$$

ψ_L = moltiplicatore di viscosità, funzione del tipo di carico applicato

ϕ_t = coefficiente di viscosità

dove:

$\psi_L = 1.10$ per i carichi permanenti

$\psi_L = 1.50$ per i cedimenti differenziali

$\psi_L = 0.55$ per l'azione del ritiro

$\psi_L = 1.0$ per le deformazioni imposte

Avendo assunto:

$t_0 = 1$ g per il calcolo del ϕ_t finalizzato alla valutazione dei n_L riferiti al ritiro e ai cedimenti

$t_0 = 30$ g per il calcolo del ϕ_t finalizzato alla valutazione di n_L riferito ai carichi permanenti

si ottengono i valori del coefficiente di viscosità riportati nella seguente tabella:

Dati soletta cls per valutazione effetti ritiro/viscosità

t	260.00 mm - Spessore complessivo soletta
t _{calc}	200.00 mm - Spessore per calcolo ritiro (coppella esclusa)
b	2600.00 mm - Larghezza reale
Ac	520000.00 mm ² - Area per calcolo spessore fittizio
u	3120.00 mm - Perimetro di calcolo (2 x t + b inf + b marciap dx + b marciap sn)
h _o	333.33 mm - Spessore fittizio
alpha term	1.00E-05

Dati e parametri per valutazione ritiro

h _o	333.33 mm
t _s	2
α _{ds1}	4 cemento tipo N
α _{ds2}	0.12 cemento tipo N
β _{RH}	0.7564 (1992-1-1- B.12)
ε _{cd} (0)	2.533E-04 ε _{sh} essiccamento (EN1992-1-1 B.11)
ε _{ca} (∞)	6.250E-05 ε _{sh} autogeno (EN1992-1-1 - 3.11)
k _h	0.74 EN 1992-1-1 - prospetto 3.3
ε_{cs} (∞)	-2.486E-04

Valutazione coefficienti di viscosità (cfr. Annesso B della EN 1992-1-1)

α ₁	0.866	B.8c
α ₂	0.960	B.8c
α ₃	0.902	B.8c
α	0	B.9
β(f _{cm})	2.56	B.4
β _h	965.35	B.8a / B.8b
φ _{RH}	1.199	B.3a / B.3b

	t ₀₁	t ₀₂	t ₀₃	
t _{0i}	30	1	50	
t _{0i,mod}	30	1	50	B.5
β(t ₀)	0.482	0.909	0.437	B.2
φ ₀	1.481	2.793	1.344	B.2
φ (t₀, t_∞)	1.465	2.762	1.329	B.1

Coefficienti di omogeneizzazione

	mE	mG	E _{cm(t)}		
n ₁	0.00	0.00	0.00		
n _{2a}	16.09	14.85	13049.56	per calcolo effetto sovr. perm.	Ψ1 1.10
n _{2b}	15.53	14.33	13526.25	per calcolo effetto ritiro	Ψ2 0.55
n _{2c}	18.45	29.26	11384.68	per calcolo effetto ced. differenziali	Ψ3 1.50
n ₃	6.16	5.69	34077.15		

NB: Per ragioni puramente numeriche, in fase 1 si considera n = 0.

2.1.4 Larghezze di soletta collaborante

L'effettiva larghezza della soletta che risulta collaborante con le travi in acciaio viene valutata in accordo a quanto esposto nella norma UNI EN 1994-2 al punto 5.4.1.2. In particolare, la larghezza collaborante viene calcolata secondo l'espressione:

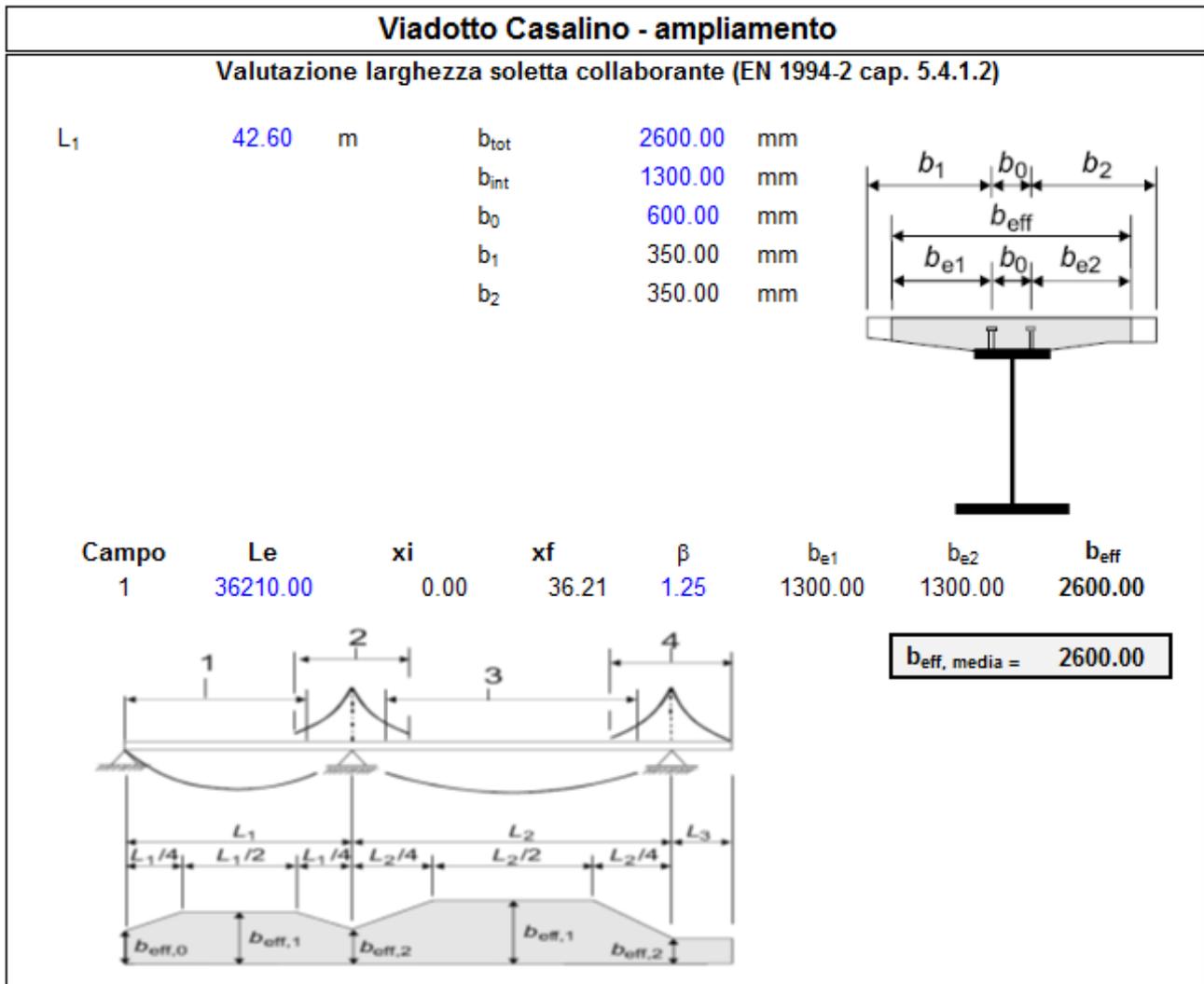
$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{e,i}$$

dove:

$$b_{e,i} = L_e/8 \leq b_{\text{reale},i}$$

L_e = lunghezza di riferimento che nel caso presente è pari alla lunghezza della trave stessa, ossia 32.80 m.

La larghezza di soletta da considerare collaborante con la singola trave metallica risulta pari a 2.60 m.



2.1.5 Conci di impalcato e sezioni tipo

La nuova trave metallica risulta suddivisa in 3 conci per le campate da 21.30 m e in 5 conci per la campata da 42.60 m, simmetrici rispetto alla mezzera trave. Per ragioni di economia si è cercato di ottimizzare le larghezze e gli spessori dei vari piatti di acciaio, modulando lo spessore in base all'effettivo impegno statico.

Per questioni di rigidità, nonché di estetica, si è scelta per la trave d'impalcato un'altezza complessiva (trave + soletta) identica a quella dell'impalcato esistente.

La tabella seguente restituisce le caratteristiche delle principali sezioni tipo.

Viadotto Casalino - campata in ampliamento da 42.60 m**Riepilogo spessori lamiera acciaio**

	C1	C2	C3	Trv
h_s	2600.00	2600.00	2600.00	2200.00
b_{inf}	900.00	900.00	900.00	300.00
t_{inf}	30.00	40.00	40.00	20.00
b_{sup}	700.00	700.00	700.00	300.00
t_{sup}	30.00	30.00	40.00	20.00
h_{web}	2540.00	2530.00	2520.00	2160.00
t_{web}	20.00	18.00	16.00	16.00

Viadotto Casalino - campata in ampliamento da 21.30 m**Riepilogo spessori lamiera acciaio**

	C4	C5	Trv
h_s	2600.00	2600.00	2200.00
b_{inf}	900.00	900.00	300.00
t_{inf}	30.00	40.00	20.00
b_{sup}	700.00	700.00	300.00
t_{sup}	30.00	30.00	20.00
h_{web}	2540.00	2530.00	2160.00
t_{web}	20.00	18.00	16.00

Nella tabella precedente, si è indicato con:

b_{top}	larghezza piattabanda superiore
t_{top}	spessore piattabanda superiore
b_{bot}	larghezza piattabande inferiori
t_{bot}	spessore piattabande inferiori
h_{web}	altezza anime
t_{web}	spessore anime

2.1.6 Sezioni di verifica

Per l'analisi della struttura metallica d'impalcato, sfruttando la simmetria geometrica e di carico della configurazione strutturale, si prendono in esame tutte le sezioni della trave d'ampliamento.

2.1.6.1 Proprietà geometrico-statiche

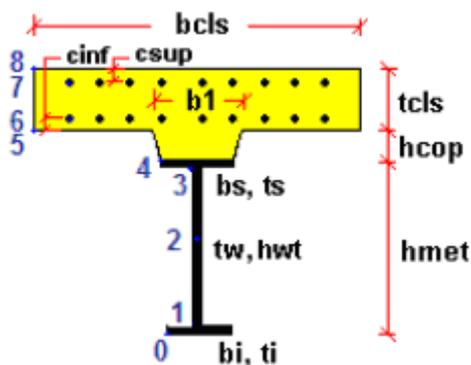
Le proprietà geometrico-statiche delle sezioni di impalcato vengono valutate dal programma di verifica PontiEC4 ed implementate automaticamente nel database del sistema ad Elementi Finiti. Per ciascuna sezione, tali dati sono raccolti nelle seguenti tabelle:

- tab. I: riepilogo delle caratteristiche dimensionali e generali e degli stiffeners (se previsti)
- tab. II: valutazione delle proprietà di base della porzione in acciaio, calcestruzzo e armatura
- tab. III: valutazione delle caratteristiche omogeneizzate nelle fasi di studio

Tutti i dati indicati sono espressi in mm e sono riferiti alla trave metallica singola, con relativa porzione di soletta collaborante.

Per i dati relativi a ciascuna riga, si rimanda alla legenda ed alla figura riportate di seguito.

	Legenda
A	Area sezione
z_G	Distanza baricentro da intradosso
J_y	Inerzia verticale
J_z	Inerzia orizzontale
$W_{y,0}$	Modulo resistenza lembo inf. piatt. inferiore
$W_{y,1}$	Modulo resistenza lembo sup. piatt. inferiore
$W_{y,3}$	Modulo resistenza lembo inf. piatt. superiore
$W_{y,4}$	Modulo resistenza lembo sup. piatt. superiore
$W_{y,5}$	Modulo resistenza lembo inferiore soletta in c.a.
$W_{y,6}$	Modulo resistenza layer inferiore armatura
$W_{y,7}$	Modulo resistenza layer superiore armatura
$W_{y,8}$	Modulo resistenza lembo superiore soletta in c.a.
$S_{y,1}$	Momento statico attacco anima/piatt. inferiore
$S_{y,2}$	Momento statico rispetto baricentro
$S_{y,3}$	Momento statico attacco anima/piatt. superiore
$S_{y,4}$	Momento statico interfaccia trave/soletta
e	Eccentricità tra baricentro globale e linea d'azione N



2.1.6.2 Proprietà plastiche delle sezioni

Ai fini della classificazione e delle verifiche sezionali, vengono valutate le proprietà plastiche di base delle sezioni, con il tracciamento dei domini N/M rispettivamente per la sezione completa e per la sezione formata dalle sole flange in acciaio. Le proprietà vengono sistematicamente valutate per tutte le sezioni considerate nelle verifiche.

Per la valutazione di N_{pl} e M_{pl} si seguono i criteri contenuti in EN 1994-2, cap. 6.2.1.2. (4.3.2.1.2. delle NTC 2008).

Il calcolo di M_{pl} viene effettuato mediante semplici considerazioni di equilibrio delle forze plastiche sviluppate dai singoli elementi componenti la sezione, e della eventuale azione assiale concomitante, sotto opportune ipotesi, verificate a posteriori, riguardanti la posizione dell'asse neutro plastico.

In generale, quindi, indicato con:

$N_{abf} = t_{inf} \times b_{inf} \times f_{yinf} / \gamma_{m0}$	azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda inferiore;
$N_{aweb} = t_{web} \times h_{web} \times f_{yweb} / \gamma_{m0}$	azione assiale plastica sviluppabile dalla anima;
$N_{atf} = t_{sup} \times b_{sup} \times f_{ysup} / \gamma_{m0}$	azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda superiore;
$N_{c1} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c1} / \gamma_c$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c1}) compreso tra il layer superiore di armatura e l'estradosso della soletta (agente solo a compressione);
$N_{c2} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c2} / \gamma_c$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c2}) compreso tra i due layers di armatura (agente solo a compressione);
$N_{c3} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c3} / \gamma_c$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c3}) compreso tra la piattabanda superiore e il layer di armatura inferiore (agente solo a compressione);
$N_{layer1} = A_{sinf} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer inferiore di armatura (di area complessiva A_{sinf});
$N_{layer2} = A_{slsup} \times f_{yk} / \gamma_s$	azione assiale plastica sviluppabile dal layer superiore di armatura (di area complessiva A_{slsup});
N_e	azione assiale esterna, agente in corrispondenza del baricentro geometrico della sezione;
$f_{yinf}, f_{ysup}, f_{yweb}$	resistenze caratteristiche di snervamento dell'acciaio componente rispettivamente la piattabanda inferiore, la piattabanda superiore e l'anima;

La posizione dell'asse neutro plastico, per un dato segno dell'azione flettente, è immediatamente e univocamente determinabile dall'esame di relazioni simili alla seguente, esplicitata per il caso di momento flettente negativo (soletta compressa), e asse neutro plastico disposto nell'anima:

$$z_{pl} = t_{inf} + (-N_e + N_{layer1} + N_{layer2} + N_{atf} - N_{abf} + N_{aweb}) / (2 t_{web} f_{yweb} \gamma_{m0})$$

Si evidenzia inoltre che:

- l'azione assiale plastica sviluppata dal calcestruzzo in compressione viene valutata sulla base di uno stress block equivalente, di altezza pari a quella effettiva, ma di intensità ridotta all'85 % (cfr. EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(1), punto d),
- le armature in compressione vengono considerate, al fine di evitare possibili punti di discontinuità nella ricerca di a.n.p. per azione assiale variabile, rinunciando all'ipotesi semplificativa contemplata da EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(1), punto c
- per i medesimi motivi indicati al punto precedente, i layers di armatura vengono modellati con "strisce" di spessore equivalente.

Il tracciamento dei domini viene effettuato per punti, valutando di volta in volta la posizione dell'asse neutro plastico e il valore di M_{pl} sotto l'azione dell'azione assiale N incrementata da 0 (flessione semplice, positiva o negativa) fino a $\pm N_{pl}$ con incrementi pari a $N_{pl}/10$.

L'operazione viene effettuata in automatico dal programma PontiEC4 per tutte le sezioni di verifica, considerando sia la sezione completa, sia la sezione formata dalle sole flange in acciaio e calcestruzzo.

2.1.6.3 Preclassificazione delle sezioni

Sulla base dei dati scaturiti dall'analisi plastica, è possibile effettuare una prima preclassificazione delle sezioni, riferita ai singoli sottocomponenti (piattabanda inferiore, superiore e anima rispettivamente).

La classificazione effettiva è dipendente dallo quadro tensionale della sezione, ed in particolare dall'effetto combinato di azione assiale e momento flettente e pertanto essa sarà superata dalla classificazione effettiva, effettuata nell'ambito di ciascuna combinazione di carico in fase di verifica (riclassificazione).

La preclassificazione viene effettuata sulla base delle seguenti caratteristiche di sollecitazione, pensate agenti separatamente:

azione assiale di compressione

momento flettente positivo (soletta tesa)

momento flettente negativo (soletta compressa).

Si seguono i criteri contenuti in NTC 2008, cap. 4.2.3.1 (EN 1993-1-1, cap. 5.6), con le seguenti precisazioni:

- vengono presi in considerazione i soli elementi compressi, o parzialmente compressi (1993-1-1 cap. 5.5.2(3))
- la classificazione è riferita ai singoli sottocomponenti (1993-1-1 cap. 5.5.2(7))
- le piattabande superiori vengono classificate sistematicamente in classe 1 (1994-2, cap. 5.5.2(1)); a tale proposito la spaziatura dei connettori verrà predisposta conformemente ai criteri contenuti in 1994-2 cap. 6.6.5.5, ovvero:

$$i_j < 22 \times 30.0 \times 0.81 = 534.60 \text{ mm} \quad \text{massimo interasse longitudinale}$$

$$d_t < 9 \times 30.0 \times 0.81 = 218.7 \text{ mm} \quad \text{massimo distanza dal bordo}$$

In questo caso si è considerato il minimo spessore di piattabanda presente lungo lo sviluppo delle travi.

Per ragioni puramente numeriche, gli elementi tesi, a rigore non da classificarsi, vengono assegnati alla classe 1.

La preclassificazione delle sezioni viene effettuata in automatico nelle schede relative al calcolo delle proprietà plastiche delle sezioni.

2.2 Combinazioni di verifica

La scelta delle combinazioni di carico da prendere in esame viene eseguita in accordo a quanto specificato nella norma UNI EN 1990.

In particolare, per lo studio dell'impalcato vengono prese in esame le seguenti combinazioni:

- Stato Limite di Esercizio:
 - Combinazione caratteristica o rara

- Combinazione frequente
 - Combinazione quasi-permanente
- Stato Limite Ultimo:
- Combinazione STR
 - Combinazione sismica
- Stato Limite di Fatica

Più in dettaglio le combinazioni delle azioni da adottare ai fini delle verifiche sono quelle riportate nel prospetto seguente:

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

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

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d

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

Per la scelta dei coefficienti “ γ ” e “ ψ ” da adottare nelle suddette combinazioni ci si riferisce a quanto esposto nella stessa UNI EN 1990. Si precisa che per i carichi permanenti si è scelto di adottare, come concesso dal DM 14 Gennaio 2008, il coefficiente di combinazione allo SLU pari a 1.35 al posto di 1.50 in quanto tali contributi risultano nel presente progetto univocamente determinati.

In tutti i casi, ai fini delle verifiche, sono stati elaborati gli involuipi delle sollecitazioni volti a massimizzare/minimizzare le caratteristiche di sollecitazione di interesse, che risultano complete dei rispettivi valori concomitanti.

2.3 Metodologia di verifica per la struttura d'ampliamento

Le verifiche vengono effettuate nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, secondo quanto specificato nelle normative prese a riferimento.

Per maggiore chiarezza nel capitolo relativo alle verifiche dell'ampliamento si preciseranno in dettaglio le metodologie di verifica impiegate. In generale comunque si precisa che, per quanto riguarda le verifiche di

resistenza delle sezioni di impalcato in acciaio-calcestruzzo, la resistenza delle sezioni può essere valutata con il metodo elastico, plastico o elasto-plastico in funzione della classe della sezione stessa: se la sezione risulta appartenere alle classi 1 o 2 (“sezione compatta”) è possibile adottare uno qualsiasi dei metodi citati, mentre per le sezioni di classe 3 o 4 (“sezioni snelle”) risulta necessario riferirsi al metodo elastico o tutt'al più a quello elasto-plastico. Nel seguito, pertanto, si eseguirà innanzitutto la classificazione della sezione in esame in funzione del suo reale stato di sollecitazione e si provvederà a valutare la sua capacità resistente secondo il seguente criterio:

- Classe 1 o 2: si adotterà il metodo plastico;
- Classe 3 o 4: si adotterà il metodo elastico.

Si precisa inoltre che per le sezioni ricadenti in classe 4 verranno valutate le caratteristiche resistenti efficaci ricorrendo al “Hole-in-web method” come richiesto dalle norme EN 1993-1-1.

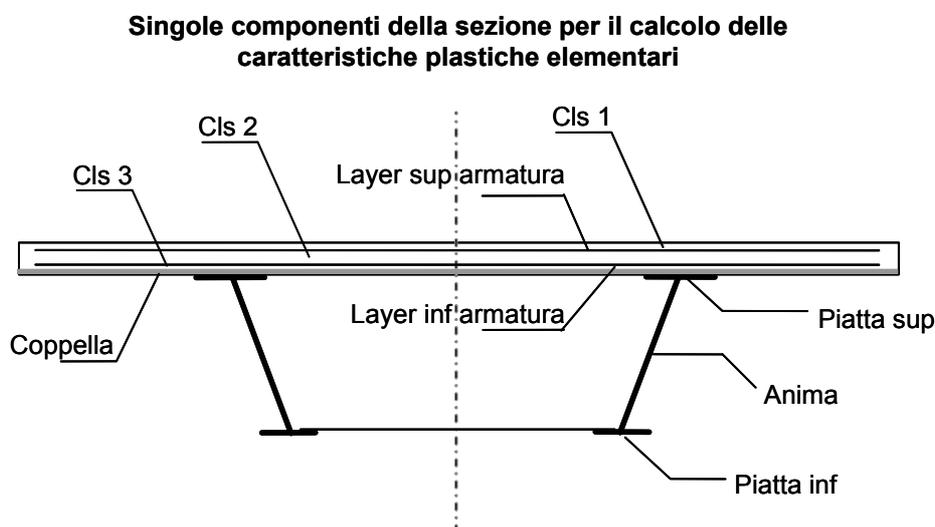
A titolo di completezza, e per favorire un raffronto diretto, per tutte le sezioni esaminate si riporteranno i risultati delle verifiche condotte con entrambi i metodi di verifica, ponendo tra parentesi il risultato laddove il metodo impiegato non risulti appropriato e non porti quindi ad un risultato significativo.

2.3.1 Metodo plastico

Il metodo plastico prevede innanzitutto la valutazione delle caratteristiche plastiche elementari delle varie componenti della sezione, e quindi la valutazione delle caratteristiche plastiche complessive della sezione in termini di pura azione assiale e puro momento flettente, ed infine in termini di momento flettente ridotto per effetto dell'interazione con azione assiale e azione tagliante. Affinché le verifiche condotte con il metodo plastico possano ritenersi soddisfatte, le sollecitazioni agenti sulla sezione dovranno risultare inferiori ai suddetti valori plastici. In particolare il rapporto tra l'azione sollecitante (genericamente indicata $E_{calcolo}$) e quella resistente (genericamente indicata E_R) viene definito η e dovrà quindi risultare inferiore all'unità:

$$\eta = \frac{E_{calcolo}}{E_R} < 1.0$$

Nello schema seguente si riportano i componenti della sezione trasversale di cui vengono valutate le caratteristiche plastiche elementari.



Più in dettaglio le componenti considerate sono le seguenti:

- 1) cls 1: porzione di cls compresa tra il layer superiore di armatura e l'estradosso della soletta
- 2) layer superiore di armatura della soletta
- 3) cls 2: porzione di cls compresa tra i due layer di armatura della soletta
- 4) layer inferiore di armatura della soletta
- 5) cls 3: porzione di cls compresa tra l'estradosso coppella e il layer inferiore di armatura
- 6) coppella
- 7) piattabanda superiore
- 8) anima
- 9) piattabanda inferiore

Per la valutazione di N_{pl} e M_{pl} si seguono i criteri contenuti in EN 1994-2, cap. 6.2.1.2. (4.3.2.1.2. delle NTC 2008). In particolare, il calcolo di M_{pl} viene effettuato mediante semplici considerazioni di equilibrio delle forze plastiche sviluppate dai singoli elementi componenti la sezione, e della eventuale azione assiale concomitante, sotto opportune ipotesi, verificate a posteriori, riguardanti la posizione dell'asse neutro plastico.

In generale, quindi, indicato con:

- | | |
|---|---|
| $N_{abf} = t_{inf} \times b_{inf} \times f_{yinf} / \gamma_{m0}$ | azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda inferiore; |
| $N_{aweb} = t_{web} \times h_{web} \times f_{yweb} / \gamma_{m0}$ | azione assiale plastica sviluppabile dalla anima; |
| $N_{atf} = t_{sup} \times b_{sup} \times f_{ysup} / \gamma_{m0}$ | azione assiale plastica sviluppabile dalla piattabanda superiore; |
| $N_{c1} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c1} / \gamma_c$ | azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c1}) compreso tra il layer superiore di armatura e l'estradosso della soletta (agente solo a compressione); |
| $N_{c2} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c2} / \gamma_c$ | azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c2}) compreso tra i due layers di armatura (agente solo a compressione); |
| $N_{c3} = 0.85 \times f_{ck} \times b_{eff} \times t_{c3} / \gamma_c$ | azione assiale plastica sviluppabile dal layer di cls (di spessore pari a t_{c3}) compreso tra la piattabanda superiore e il layer di armatura inferiore (agente solo a compressione); |
| $N_{layer1} = A_{slinf} \times f_{yk} / \gamma_s$ | azione assiale plastica sviluppabile dal layer inferiore di armatura (di area complessiva A_{slinf}); |
| $N_{layer2} = A_{slsup} \times f_{yk} / \gamma_s$ | azione assiale plastica sviluppabile dal layer superiore di armatura (di area complessiva A_{slsup}); |
| N_e | azione assiale esterna, agente in corrispondenza del baricentro geometrico della sezione; |
| $f_{yinf}, f_{ysup}, f_{yweb}$ | resistenze caratteristiche di snervamento dell'acciaio componente rispettivamente la piattabanda inferiore, la piattabanda superiore e l'anima; |

La posizione dell'asse neutro plastico, per un dato segno dell'azione flettente, è immediatamente e univocamente determinabile dall'esame di relazioni simili alla seguente, esplicitata per il caso di momento flettente negativo (soletta compressa), e asse neutro plastico disposto nell'anima:

$$z_{pl} = t_{inf} + (-N_e + N_{layer1} + N_{layer2} + N_{atf} - N_{abr} + N_{aweb}) / (2 t_{web} f_{yweb} \gamma_{m0})$$

Si evidenzia inoltre che:

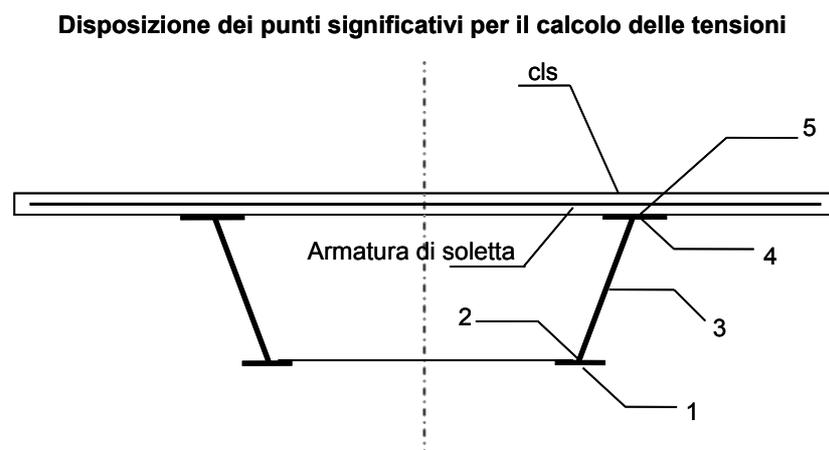
- l'azione assiale plastica sviluppata dal calcestruzzo in compressione viene valutata sulla base di uno stress block equivalente, di altezza pari a quella effettiva, ma di intensità ridotta all'85 % (cfr. EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(P)1, punto d);
- le armature in compressione vengono considerate, al fine di evitare possibili punti di discontinuità nella ricerca di a.n.p. per azione assiale variabile, rinunciando all'ipotesi semplificativa contemplata da EN 1994-2, cap. 6.2.1.2.(P)1, punto c);
- per i medesimi motivi indicati al punto precedente, i layers di armatura vengono modellati con "strisce" di spessore equivalente.

2.3.2 Metodo elastico

Il metodo elastico prevede la valutazione delle tensioni presenti in determinati punti considerati significativi per la sezione, ed il successivo confronto di questi valori tensionali con i valori limite imposti da normativa. In particolare il rapporto tra la tensione agente e quella limite viene definito "rapporto di sfruttamento" η e dovrà quindi risultare inferiore all'unità:

$$\eta = \frac{\sigma_{calcolo}}{f_d} < 1.0$$

Nello schema seguente si riportano, lungo la sezione trasversale, i punti ritenuti significativi per il calcolo delle tensioni.



L'ubicazione esatta dei punti indicati è la seguente:

- 1) intradosso piastrina inferiore
- 2) attacco anima/piastrina inferiore

- 3) baricentro sezione
- 4) attacco anima/piattabanda superiore
- 5) estradosso piattabanda superiore (attacco trave/soletta)
- reinf) baricentro armature di soletta (inf+sup)
- cls) estradosso soletta in calcestruzzo

2.3.3 Procedura di verifica

Date le novità introdotte dalle norme NTC e dagli Eurocodici in materia di progettazione delle strutture in acciaio, si ritiene utile presentare a livello generale le procedure di verifica seguite nel presente lavoro.

Per le verifiche di resistenza delle sezioni si seguono i criteri contenuti in EN 1993-1-1, EN 1993-2, EN 1994-2 e EN 1993-1-5.

La classificazione delle sezioni viene effettuata sulla base dei rapporti dimensionali e con riferimento al reale stato tensionale indotto dai carichi agenti sulla struttura. Una volta individuata la classe di riferimento di ciascuna sezione di verifica si adottano le seguenti metodologie di verifica:

classe 1-2: analisi plastica;

classe 3: analisi elastica;

classe 4: analisi elastica con caratteristiche resistenti valutate secondo "hole in web method".

Le verifiche vengono effettuate mediante una procedura automatica implementata in un foglio elettronico, organizzata in "schede" relativa a ciascuna sezione di verifica. La procedura automatica effettua, per ciascuna sezione di verifica la combinazione delle sollecitazioni per ottenere il massimo e minimo momento flettente, e la massima azione tagliante assoluta e, nell'ambito di queste tre combinazioni di base, vengono seguiti i seguenti passaggi:

- classificazione della sezione con riferimento alla combinazione in esame

- analisi plastica per tensioni normali, con valutazione di:

resistenza a trazione/compressione semplice

resistenza a flessione

resistenza a presso-flessione

- analisi elastica, effettuata sulla base delle caratteristiche resistenti della sezione (reali o efficaci in base alla classe della sezione stessa)

- calcolo dei contributi resistenti a taglio

- verifica interazione azione assiale - flessione - taglio.

I principali criteri di verifica adottati vengono di seguito sintetizzati.

2.3.3.1 Azione assiale N, flessione M ed effetti combinati N-M

Per le sezioni di classe 1 e 2, la verifica nei confronti delle sollecitazioni indotte da azione assiale e momento flettente concomitante viene effettuata attraverso l'analisi plastica della sezione. Con riferimento a EN1993-

1-1- cap. 6.2.9.1(P)1, la presenza di una azione assiale N è debitamente tenuta in conto con una analisi rigorosa, costruendo il dominio N-M plastico, e valutando pertanto il reale decadimento di M_{Rd} per effetto della concomitante azione assiale

Il rapporto di sfruttamento della sezione è rappresentato dal parametro:

$$\eta_1 = M_{E,d}/M_{NR,d}$$

essendo $M_{NR,d}$ il valore del momento flettente ultimo in presenza dell'azione assiale concomitante.

Per le sezioni di classe 3, 4 si effettua una comune analisi tensionale elastica deducendo per la sezione il massimo rapporto di sfruttamento, rappresentato al parametro:

$$\eta_1 = \max \sigma_{xE,d} / f_y$$

in cui $\sigma_{xE,d}$ è la massima tensione normale calcolata nei vari elementi rappresentativi della sezione per effetto del cumulo delle sollecitazioni nelle varie fasi, ed f_y è la tensione di snervamento riferita all'elemento (anima/piattabande) ove σ viene calcolata.

Per piattabande di classe massima pari a 3, il calcolo delle tensioni viene effettuato in corrispondenza della fibra media come consentito da 1993-1-1 cap. 6.1(P)9 e relativa nota (per le verifiche S.L.E. si assumerà invece la posizione reale coincidente con estradosso/intradosso trave metallica).

Per le sezioni in classe 4, le caratteristiche geometrico statiche di riferimento vengono dedotte dall'applicazione dell' "hole in web method", procedendo iterativamente alla riduzione dell'area d'anima, in funzione della distribuzione di tensioni relativa a ciascuna condizione di carico, ed applicando il momento flettente parassita dovuto allo "shift" progressivo dell'asse neutro durante l'operazione di riduzione.

Per anime prive di irrigidimenti longitudinali, la riduzione (ρ_{loc}) viene rappresentata da un "foro" nell'anima, la cui posizione viene stabilita sulla base del quadro tensionale dell'iterazione precedente.

Per anime dotate di irrigidimenti longitudinali, in aggiunta alla riduzione ρ_{loc} operata sui singoli sottopannelli, si considera l'ulteriore riduzione "globale" ρ_c , uniformemente distribuita sulla parte compressa dell'anima, così come consentito da 1993-1-5, cap. 4.5.1(P)7.

2.3.3.2 Taglio V

Per la verifica a taglio, si seguono i criteri contenuti in EN 1994-2, cap. 6.2.2, EN 1993-1-1 cap. 6.2.6. e EN 1993-1-5 cap. 5; la condizione di vincolo di estremità per l'anima è quella di "non rigid end post".

In presenza di shear buckling vengono valutati sia il contributo resistente dell'anima (eq. 5.2 di EN 1993-1-5 cap. 5.2(P)1, sia il contributo resistente delle flange.

Questo ultimo valore viene calcolato con riferimento a:

$M_{f,Rd}$: momento resistente plastico della sezione, valutato escludendo il contributo dell'anima, con riferimento all'effettiva azione assiale di progetto

$M_{E,d}$ momento agente di progetto, inteso, per sezioni di classe > 2 come momento equivalente in grado di fornire, per la sezione, il massimo valore dell' "accumulated stress" $\sigma_{xE,d}$.

La verifica consiste pertanto nella valutazione del rapporto: $V_{E,d}/V_{bR,d}$, che dovrà risultare ≤ 1 .

con: $V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} = V_{bf,Rd}$

2.3.3.3 Interazione azione assiale-taglio-flessione (N-V-M)

In accordo con quanto previsto da EN 1993-1-1 cap. 6.2.10.(P)2 ed EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(P)1, l'interazione tra azione assiale, taglio e momento non viene studiata se $V_{Ed} < 0.5 V_{b,Rd}$ (o $V_{pl,Rd}$).

Per sezioni di qualsiasi classe, soggette o meno a "shear buckling", si seguono comunque, per unitarietà d'approccio, i criteri contenuti in EN 1993-1-5 cap. 7. Questo porta ad un giudizio sulla sicurezza leggermente più gravoso rispetto a quanto sarebbe strettamente richiesto ad es. da EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(P)2.

Il soddisfacimento della sicurezza sotto l'azione combinata di azione assiale, momento flettente ed azione tagliante avviene attraverso la definizione di un rapporto di sfruttamento modificato, che conduce alla disuguaglianza:

$$\bar{\eta}_1 \times (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \times (2\bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1$$

dove:

$$\bar{\eta}_3 = V_{E,d}/V_{bw,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{E,d}/M_{c,Rd}$$

Vengono osservate le seguenti ipotesi, limitazioni:

- Per sezioni in classe >2, ovvero per anime interamente compresse, si sostituirà il rapporto di sfruttamento elastico $\bar{\eta}_1$ a quello plastico $\bar{\eta}_1$ (cfr. EN 1993-1-5 cap. 7.1. (P)4).
- Per valori di $\bar{\eta}_1 \geq M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}$ non vi è interazione (l'azione flettente è portata dalle piattabande ed il taglio dall'anima).
- il valore di $M_{f,Rd}$ viene dedotto dal corrispondenza dominio di resistenza, tenendo pertanto automaticamente conto della concomitante presenza di azione assiale.

2.4 Metodologia di verifica per la struttura esistente

Le verifiche dell'impalcato esistente vengono effettuate sempre nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite, secondo quanto specificato nelle normative prese a riferimento, facendo riferimento al solo Stato Limite Ultimo, come consentito nel caso appunto di opere esistenti.

Sulla base della disponibilità della documentazione di progetto originaria e dei risultati della campagna di indagine effettuata in situ, si valutano inoltre i fattori di confidenza da impiegare in fase di verifica per penalizzare le resistenze delle varie membrature.

3. Analisi dei carichi

Nel presente capitolo si riportano i contributi di carico presi in esame fase per fase secondo quanto già anticipato in precedenza.

L'analisi dei carichi viene fatta in accordo a quanto previsto dalla norma UNI EN 1990.

3.1 Carichi agenti in fase 1

3.1.1 Peso proprio impalcato esistente al netto delle demolizioni degli sbalzi (g_1)

Il peso dell'impalcato esistente, valutato al netto degli sbalzi che dovranno essere demoliti per consentire la solidarizzazione delle porzioni in ampliamento, è pari a quanto segue:

- Campata da 21.30 m: peso impalcato esistente = 5400 kN
- Campata da 28.70 m: peso impalcato esistente = 5850 kN
- Campata da 42.60 m: peso impalcato esistente = 7700 kN

3.1.2 Peso proprio acciaio della porzione in ampliamento (g_1')

Il peso dei vari elementi strutturali metallici è stato conteggiato con riferimento ad un peso specifico convenzionale di 78.50 kN/m^3 .

Il peso complessivo a metro lineare della singola trave d'ampliamento, completa dei relativi traversi di collegamento all'esistente, è risultato pari a:

Viadotto Casalino - campata in ampliamento da 42.60 m

Riepilogo pesi propri travi

	A (mmq)	Ltot	p_{netto} (kN/m)	p_{lordo} (kN/m)	P_{tot} (kN)	$gk1$ (N/m)
ConcioC1	9.88E+04	15.60	7.76	8.55	133.31	8545.65
ConcioC2	1.03E+05	18.00	8.05	8.84	159.11	8839.24
ConcioC3	1.04E+05	9.00	8.19	8.98	80.81	8978.97
Lunghezza totale travi		42.60	peso totale travi		373.23 kN	

Riepilogo pesi propri traversi

	A (mmq)	Ltot	n° trv	p_{netto} (kN/m)	p_{lordo} (kN/m)	P_{tot} (kN)	$gk1$ (N/m)
Trv	4.66E+04	2.26	4	3.65	3.87	35.02	3874.26
Lunghezza totale traversi		9.04 m		peso totale traversi		35.02 kN	

Viadotto Casalino - campata in ampliamento da 21.30 m

Riepilogo pesi propri travi

	A (mmq)	Ltot	p_{netto} (kN/m)	p_{lordo} (kN/m)	P_{tot} (kN)	$gk1$ (N/m)
ConcioC4	9.88E+04	11.30	7.76	8.54	96.50	8539.91
ConcioC5	1.03E+05	10.00	8.05	8.83	88.34	8833.50
Lunghezza totale travi		21.30	peso totale travi		184.84 kN	

Riepilogo pesi propri traversi

	A (mmq)	Ltot	n° trv	p_{netto} (kN/m)	p_{lordo} (kN/m)	P_{tot} (kN)	$gk1$ (N/m)
Trv	4.66E+04	2.26	4	3.65	3.87	35.02	3874.26
Lunghezza totale traversi		9.04 m		peso totale traversi		35.02 kN	

I valori indicati tengono conto del peso della vestizione indicato in tabella:

Stima peso vestizione travi principali a metro lineare

1)	saldature	0.08	1%
2)	piastrame bull.	0.40	5%
3)	trave di spina	0.00	
4)	irr. anima princ.	0.24	principali
5)	irr. anima sec.	0.00	secondari
6)	pioli	0.07	
7)	ribs long	0.00	
totale a metro		0.79	kN/m

Stima peso vestizione traversi principali a metro lineare

1)	saldature	0.04	1%
2)	piastrame bull.	0.18	5%
3)	pioli	0.00	
4)	ribs verticali	0.00	
totale a metro		0.22	kN/m

3.1.3 Peso proprio soletta d'ampliamento (g_1'')

Il peso complessivo delle coppelle prefabbricate e del getto in calcestruzzo di ciascuna porzione di struttura d'ampliamento risulta pari a:

$$g_1'' = 25.0 \times [2.60 \times 0.26] = 16.90 \text{ kN/m}$$

3.2 Carichi agenti in fase 2**3.2.1 Sovraccarichi permanenti (g_2)**

I sovraccarichi permanenti dell'intero impalcato nella configurazione finale (esistente+ampliamento) consistono nei seguenti contributi:

- Manto asfaltatura	$g_2' =$	3.0 kN/mq
- Marciapiedi	$g_2'' = 2 \times 25.0 \times 0.25 \times 0.70 =$	8.75 kN/m
- Guardavia	$g_2''' = 2 \times 1.5 =$	3.0 kN/m

3.2.2 Reologia calcestruzzo (ϵ_2)

Il calcolo delle deformazioni conseguenti alla viscosità e al ritiro viene effettuato in accordo ai criteri presentati nell'Appendice B della norma UNI EN 1992-1-1.

Viscosità

Le deformazioni viscosive subite dalla soletta per effetto dei carichi di tipo permanente generano all'interno della sezione una redistribuzione delle tensioni con generale migrazione delle tensioni dal calcestruzzo all'acciaio e conseguente nascita, sulle strutture iperstatiche, di sollecitazioni "parassite". Come d'uso, si terrà conto di tale redistribuzione, eseguendo l'analisi della struttura sotto l'effetto dei carichi di lunga durata (fase 2a-b) tenendo conto di un modulo elastico ridotto della soletta.

Di seguito si riporta il calcolo della deformazione finale da ritiro e il calcolo dei coefficienti di viscosità valutati con l'aiuto di un foglio elettronico con riferimento ai carichi di fase 2, ossia permanenti, cedimenti e ritiro.

Dati soletta cls per valutazione effetti ritiro/viscosità

t	260.00 mm - Spessore complessivo soletta
t _{calc}	200.00 mm - Spessore per calcolo ritiro (coppella esclusa)
b	2600.00 mm - Larghezza reale
Ac	520000.00 mm ² - Area per calcolo spessore fittizio
u	3120.00 mm - Perimetro di calcolo (2 x t + b inf + b marciap dx + b marciap sn)
h _o	333.33 mm - Spessore fittizio
alpha term	1.00E-05

Dati e parametri per valutazione ritiro

h _o	333.33 mm
t _s	2
α _{ds1}	4 cemento tipo N
α _{ds2}	0.12 cemento tipo N
β _{RH}	0.7564 (1992-1-1- B.12)
ε _{cd} (0)	2.533E-04 ε _{sh} essiccamento (EN1992-1-1 B.11)
ε _{ca} (∞)	6.250E-05 ε _{sh} autogeno (EN1992-1-1 - 3.11)
k _h	0.74 EN 1992-1-1 - prospetto 3.3
ε_{cs} (∞)	-2.486E-04

Valutazione coefficienti di viscosità (cfr. Annesso B della EN 1992-1-1)

α ₁	0.866	B.8c
α ₂	0.960	B.8c
α ₃	0.902	B.8c
α	0	B.9
β(f _{cm})	2.56	B.4
β _h	965.35	B.8a / B.8b
φ _{RH}	1.199	B.3a / B.3b

	t ₀₁	t ₀₂	t ₀₃	
t _{0i}	30	1	50	
t _{0i,mod}	30	1	50	B.5
β(t ₀)	0.482	0.909	0.437	B.2
φ ₀	1.481	2.793	1.344	B.2
φ (t₀, t_∞)	1.465	2.762	1.329	B.1

Coefficienti di omogeneizzazione

	mE	mG	E _{cm(t)}		
n ₁	0.00	0.00	0.00		
n _{2a}	16.09	14.85	13049.56	per calcolo effetto sovr. perm.	Ψ1 1.10
n _{2b}	15.53	14.33	13526.25	per calcolo effetto ritiro	Ψ2 0.55
n _{2c}	18.45	29.26	11384.68	per calcolo effetto ced. differenziali	Ψ3 1.50
n ₃	6.16	5.69	34077.15		

3.3 Carichi agenti in fase 3**3.3.1 Variazioni termiche (ε₃)**

La valutazione delle azioni da variazioni termiche viene effettuata in base ai criteri contenuti nelle norme UNI EN 1991-1-5 e nell'Annesso Nazionale.

3.3.1.1 Variazioni termiche uniformi Δt_N

Per l'Italia, il "range" di temperatura dell'aria è definito dai seguenti valori:

$$T_{\min} = -7 \text{ °C}$$

$$T_{\max} = +48 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

a cui corrispondono, per ponti di gruppo 2 (tipologia impalcato a struttura composta), i seguenti valori riferiti alla struttura:

$$T_{e_{\min}} = -3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e_{\max}} = +45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Fissando T_0 a 15.0 $^{\circ}\text{C}$, dedotto dall'Annesso nazionale dell'Eurocodice, si ottiene l'escursione termica effettiva:

$$\Delta T_{N_{\text{comp}}} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N_{\text{exp}}} = +30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

a cui corrisponde complessivamente un'escursione pari a:

$$\Delta T_N = 48.0 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

3.3.1.2 Variazioni termiche lineari Δt_M

Per ponti di gruppo 2 (tipologia impalcato a struttura composta), i valori caratteristici delle variazioni lineari di temperatura (gradiente tra intradosso ed estradosso) risultano:

$$\Delta T_{M,\text{heat}} = 15.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,\text{cool}} = -18.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Considerando il coefficiente riduttivo di Δt_{pos} concesso per tenere conto dello spessore del manto di asfaltatura ($k_{\text{sur}} = 1$ per $t = 100.0$ mm), si ottengono i valori di progetto:

$$k_{\text{sur}} \Delta T_{M,\text{heat}} = 15.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u caldo dell'intradosso}$$

$$k_{\text{sur}} \Delta T_{M,\text{cool}} = -18.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u freddo dell'intradosso}$$

Facendo riferimento all'altezza dell'impalcato (trave+soletta), pari a 2.86 m, si ottengono i gradienti riassunti nella seguente tabella:

$$\Delta T_{M,\text{heat}} = 3.67 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,\text{cool}} = -6.29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Per ponti di gruppo 3 (tipologia impalcato in c.a.), invece, i valori caratteristici delle variazioni lineari di temperatura (gradiente tra intradosso ed estradosso) risultano:

$$\Delta T_{M,\text{heat}} = 15.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,\text{cool}} = -8.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Considerando il coefficiente riduttivo di Δt_{pos} concesso per tenere conto dello spessore del manto di asfaltatura ($k_{\text{sur}} = 1$ per $t = 100.0$ mm), si ottengono i valori di progetto:

$$k_{\text{sur}} \Delta T_{M,\text{heat}} = 15.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u caldo dell'intradosso}$$

$$k_{\text{sur}} \Delta T_{M,\text{cool}} = -8.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{estradosso pi\`u freddo dell'intradosso}$$

Facendo riferimento all'altezza dell'impalcato (trave+soletta), pari a 2.80 m, si ottengono i gradienti riassunti nella seguente tabella:

$$\Delta T_{M,heat} = 3.75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = -2.86 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.3.1.3 Combinazione degli effetti uniformi e lineari

La combinazione degli effetti dovuti alla variazione termica uniforme e lineare verrà effettuata sfruttando la formula di combinazione proposta dalla normativa, che prevede due combinazioni principali in cui Δt_M e Δt_N sono amplificati mediante differenti coefficienti di combinazione:

$$C1: \quad \Delta t_M + 0.35 \Delta t_N$$

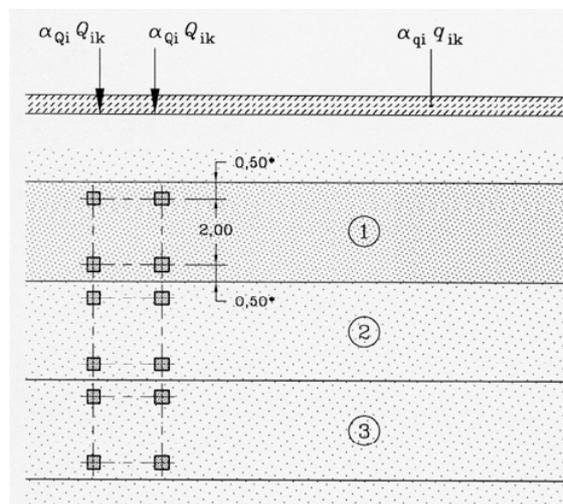
$$C2: \quad 0.75 \Delta t_M + \Delta t_N$$

3.3.2 Carichi mobili (q_1)

I carichi da traffico transitanti sui ponti sono definiti nella norma UNI EN 1991-2. Si fa riferimento in particolare ai ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 14.80 m, è in grado di ospitare 4 corsie di carico di larghezza convenzionale pari a 3.0 m. La parte rimanente risulta quindi pari a 2.80 m.

Per le verifiche globali dell'impalcato e dei sostegni si ricorre al Modello di carico 1 (LM1), mostrato in figura, composto da due sistemi accoppiati: un tandem system (TS) formato da un veicolo a due assi, avente ciascuno un peso pari a Q_{ik} , e un carico uniformemente distribuito (UDL system), avente un peso per unità di superficie pari a q_{ik} . In funzione del numero di corsie di volta in volta caricate, i valori di Q_{ik} e q_{ik} sono quelli riportati in tabella.



Location	Tandem system TS	UDL system
	Axle loads Q_{ik} (kN)	q_{ik} (or q_{ik}) (kN/m ²)
Lane Number 1	300	9
Lane Number 2	200	2,5
Lane Number 3	100	2,5
Other lanes	0	2,5
Remaining area (q_{ik})	0	2,5

Le diverse disposizioni dei carichi mobili sulla sezione trasversale vengono automaticamente determinate dal programma in base alle sollecitazioni da massimizzare/minimizzare in una data sezione di verifica. Analogamente la disposizione longitudinale dei carichi mobili viene automaticamente determinata dal programma sulla base delle linee di influenza delle sollecitazioni di interesse in corrispondenza dei punti di verifica.

In particolare, le disposizioni trasversali dei carichi mobili dovranno essere tali da massimizzare/minimizzare le seguenti caratteristiche di sollecitazione:

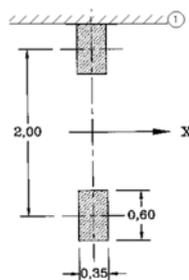
- T in asse travi
- M_{torc} dell'impalcato

Mentre le disposizioni longitudinali dei carichi mobili dovranno essere tali da massimizzare/minimizzare le seguenti caratteristiche di sollecitazione:

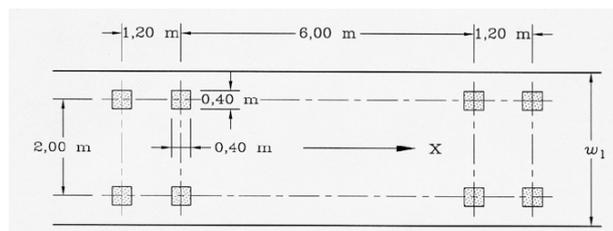
- M, T e N in mezzera campata
- M, T e N in testa spalla
- M, T e N in tutti i punti in cui si verifica un cambiamento di sezione trasversale

Con riferimento invece alle apparecchiature d'appoggio, le disposizioni longitudinali dei carichi mobili dovranno essere tali da massimizzare/minimizzare le reazioni vincolari (max/min R_z).

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato si ricorre inoltre al Modello di carico 2 (LM2), mostrato in figura, composto da un veicolo ad un solo asse, avente un peso complessivo pari a 400 kN. Dettagli riguardo alle posizioni più significative di tale carico vengono forniti nel paragrafo relativo alle verifiche locali della soletta.



Per le verifiche a fatica dell'impalcato si ricorre infine al Modello di carico a fatica 3 (FLM3), mostrato in figura, composto da un veicolo a quattro assi, aventi ciascuno un peso pari a 120 kN.



Anche in questo caso le diverse disposizioni longitudinali del modello di carico da far viaggiare sulla corsia lenta reale vengono automaticamente determinate dal programma in base alle sollecitazioni da massimizzare/minimizzare in una data sezione di verifica.

3.3.3 Azioni di frenatura (q_3)

La forza di frenatura, valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-2, è data da un'azione longitudinale funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1. La sua intensità è pari a:

$$Q_{ik} = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L$$

dove:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$w_1 = 3.0 \text{ m}$$

$$L = 42.60 \text{ m}$$

Tale valore deve inoltre risultare: $180 \leq Q_{ik} \leq 900 \text{ kN}$

Ne consegue:

$$Q_{ik} = 0.6 \times (2 \times 300) + 0.10 \times 9 \times 3 \times 42.60 = 475.02 \text{ kN}$$

3.3.4 Gruppi di azioni da traffico

Le azioni da traffico vengono definite, in base a quanto specificato nella norma EN 1991-2 al paragrafo 4.5, come azioni multi-componenti che combinano tra loro i singoli carichi agenti sulla carreggiata, ed in particolare i modelli di carico mobile (LM1 e LM2), il carico da folla sui marciapiedi, l'azione di frenatura e la forza centrifuga.

Nel presente caso, i gruppi di azioni da traffico presi in esame risultano quelli indicati nella seguente tabella.

	LM1	LM2	LM4	Frenatura
Gruppo 1a	Val. caratt.			
Gruppo 1b		Val. caratt.		
Gruppo 2	Val. frequente			Val. caratt.
Gruppo 4			Val. caratt.	

In particolare i valori dei coefficienti di combinazione adottati per il modello LM1 sono i seguenti:

LM1	ψ_0	ψ_1
TS	0.75	0.75
UDL	0.40	0.40

mentre quelli relativi al modello LM2 e al carico da folla LM4 risultano i seguenti:

	ψ_0	ψ_1
LM2	0.00	0.75
LM4	0.00	0.75

3.3.5 Azione del vento (q_5)

L'azione del vento viene valutata in accordo alla norma UNI EN 1991-1-4 e all'Annesso Nazionale.

3.3.5.1 Vento sull'impalcato

Si considera, per semplicità, il vento agente perpendicolarmente all'asse tracciato, nella direzione più sfavorevole. L'azione trasversale del vento agente sulla superficie di prospetto dell'impalcato viene valutata sia nella condizione di ponte scarico sia nella condizione di ponte carico, come esposto nel seguito.

Calcolo parametri di base

Categoria sito	I III-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	7 UNI EN 1991-1-4
a_s	100 m - quota sito
v_{b0}	28 4.1.(1) P
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	28 4.1.(1) P
v_b	28.0 velocità di base del vento
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
C_r	1.31 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_l	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	50 periodo di ritorno
k_1	0.14
n	1
α_r	1.00
z_0	0.01 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	2.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.17 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	36.6 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
σ_v	4.75 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$I_v(z)$	0.13 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$C_e(z)$	3.26 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	1597.09 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v_b^*	25.20 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v_m^*(z)$	32.92 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$I_v^*(z)$	0.14 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e^*(z)$	3.43 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p^*(z)$	1362.11 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)

Forza totale vento = 784.08 kN

Caratteristiche impalcato

b_{imp}	26.06 m (cfr. figura)
Z	22 m quota baricentro struttura da p.c.
$d_{sagoma\ v\ eicolo}$	3 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
d_{FOA}	0 (m)
$d_{scarico}$	3.6 (m) d_{rif} . A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	5.91 (m) d_{rif} a ponte carico (cfr. figura)
ψ_0	0.6 coefficiente di combinazione (EN 1990)
c_{fx}	1.3 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
b/d_{carico}	4.41
$b/d_{scarico}$	7.24
f_w	2076 (N/m ²) pressione specifica nominale
f_w^*	2186 (N/m ²) pressione specifica nominale (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
$F_{w,carico}$	12270 (N/m) Ris. a ponte carico, caratteristico
$F_{w,scarico}$	7474 (N/m) Ris. a ponte scarico, caratteristico
$\min(\psi_0 F_w; F_w^*)$	12920 (N/m) Ris. a ponte scarico, valore di combinazione ($\min \psi_0 F_w ; F_w^*$)

3.3.5.2 Vento sulle pile

Si considera, per semplicità, il vento agente perpendicolarmente all'asse tracciato, nel verso più sfavorevole. L'azione trasversale del vento agente sulla superficie di prospetto delle pile viene valutata come esposto nel seguente riepilogo.

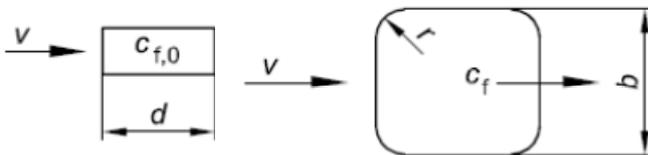
Calcolo parametri di base

Categoria sito	I I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	7 UNI EN 1991-1-4
a_s	100 m - quota sito
v_{b0}	28 4.1.(1) P
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.015 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	28 4.1.(1) P
v_b	28.0 velocità di base del vento
c_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
c_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
c_r	1.29 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
$c_r(0)$	0.90 Coeff. Rugosità terreno, q_0 (EN 1991-1-4 §4.3.2)
c_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_1	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.)
c_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	50 periodo di ritorno
k_1	0.14
n	1
α_r	1.00
z_0	0.01 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	2.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.17 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	36.1 Velocità media del vento quota z max
$v_m(0)$	25.2 Velocità media del vento quota p.c.
σ_v	4.75 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$I_v(z)$	0.13
$I_v(0)$	0.19
$c_e(z)$	3.1981
$q_p(z)$	1567.08
$q_p(0)$	761.44

Forza totale vento = 1.72 kN/m

Caratteristiche pila

b	2.5 m (cfr. figura)
d	2.2 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
r	0.5 raggio smusso (m)
Z_{max}	20 m quota testa pila
φ	1 rapporto di solidità (EN 1991-1-4 cap. 7.1.3.2(3))
d/b	0.625
l/b	8.00
r/b	0.2
λ	70.00 snellezza effettiva EN 1991-1-4 cap. 7.13(2) prosp. 7.16 caso 4
C_{f,0}	2.36 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.23
ψ_r	0.50 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.24
ψ_λ	0.93 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) fig. 7.36
C_f	1.10 EN 1991-1-4 cap. 7.6(1) (7.9)
f_{w,0}	1721.54
f_{w,(zmax)}	836.49
z_{min}	2



$$(\min \psi_0 F_w ; F_w^*)$$

3.3.6 Azione sismica (q₆)

La caratterizzazione dell'azione sismica dell'opera in esame viene effettuata ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 e relative istruzioni. In particolare si fa riferimento ai seguenti parametri legati all'opera in sè:

- Vita utile dell'opera = 50 anni
- Classe d'uso: IV => C_u = 2.0
- Vita di riferimento = 100 anni
- Probabilità di superamento: P_{RV} (SLV) = 10%

I parametri legati al sito e alle caratteristiche del terreno risultano i seguenti:

- Comune: Genova
- Categoria di sottosuolo: E
- Condizione topografica: T1

Nel seguente prospetto si riassumono i valori delle variabili dipendenti dai parametri appena individuati, utilizzati allo scopo di definire gli spettri di risposta.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.087 g
F_o	2.532
T_c	0.297 s
S_s	1.600
C_c	1.870
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.185 s
T_C	0.555 s
T_D	1.948 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

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

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

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

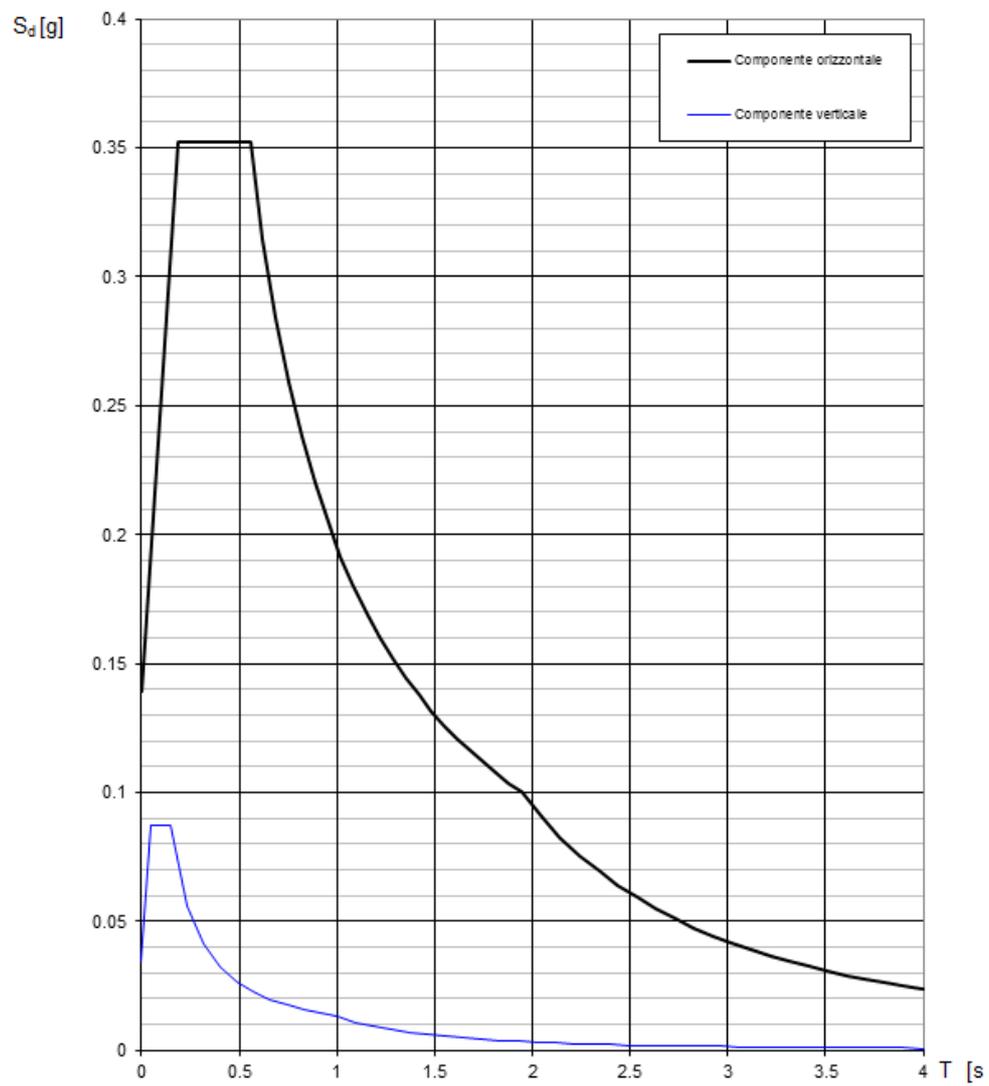
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.139
T_B	0.185	0.352
T_C	0.555	0.352
	0.621	0.314
	0.687	0.284
	0.754	0.259
	0.820	0.238
	0.886	0.220
	0.953	0.205
	1.019	0.192
	1.085	0.180
	1.152	0.170
	1.218	0.160
	1.284	0.152
	1.351	0.145
	1.417	0.138
	1.483	0.132
	1.550	0.126
	1.616	0.121
	1.682	0.116
	1.749	0.112
	1.815	0.108
	1.881	0.104
T_D	1.948	0.100
	2.045	0.091
	2.143	0.083
	2.241	0.076
	2.339	0.070
	2.436	0.064
	2.534	0.059
	2.632	0.055
	2.729	0.051
	2.827	0.048
	2.925	0.044
	3.023	0.042
	3.120	0.039
	3.218	0.037
	3.316	0.035
	3.414	0.033
	3.511	0.031
	3.609	0.029
	3.707	0.028
	3.805	0.026
	3.902	0.025
	4.000	0.024

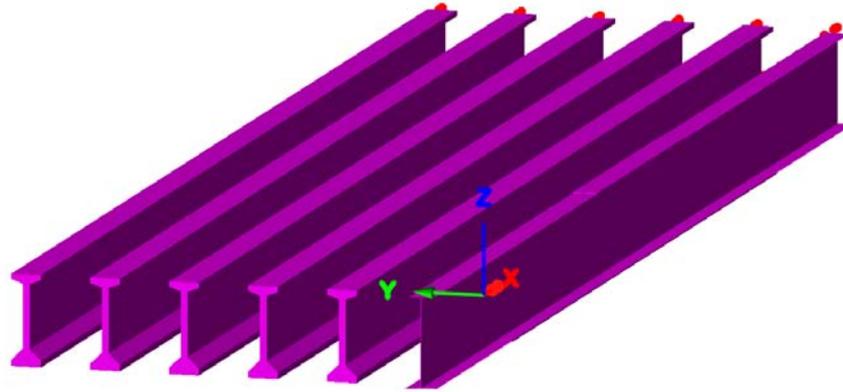
Le seguenti figure restituiscono lo spettro di risposta elastico utilizzato per la definizione delle componenti sismiche orizzontali e verticali.

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

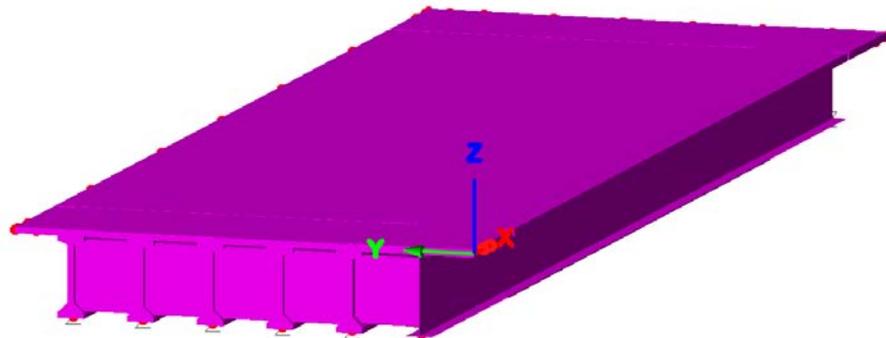
4. Analisi strutturale

4.1 Generalità

Per brevità è stata esaminata la sola campata in ampliamento della lunghezza di 42.60 m. La travata è stata modellata usando elementi di tipo "beam" lineari a due nodi, come mostrato nelle seguenti figure.



Fase 1: solo travi



Fasi 2 e 3: travi con soletta collaborante e traversi

Come anticipato, l'analisi strutturale è stata eseguita tenendo conto delle varie fasi di vita della struttura mista costituente l'impalcato, ossia nel dettaglio:

- fase 1: sola sezione metallica delle travi e dei traversi; azione dei pesi propri (acciaio + soletta in c.a.);
- fase 2a: sezione metallica delle travi con soletta omogeneizzata ad acciaio con coefficiente $n_{L\ 2a}$ per carichi di lunga durata; azione dei pesi permanenti;
- fase 2b: sezione metallica + soletta omogeneizzata ad acciaio con coefficiente $n_{L\ 2b}$ per carichi di lunga durata; azione da ritiro + cedimenti;
- fase 3: sezione metallica + soletta omogeneizzata ad acciaio con coefficiente n_0 per carichi di breve durata; azione dei carichi accidentali (carichi mobili, frenatura, vento e variazioni termiche).

In ciascuna delle suddette fasi il modello ad elementi finiti di trave, aggiornato in base alle corrette caratteristiche sezionali di ogni fase, è stato studiato separatamente sotto l'effetto dei carichi di volta in volta agenti. La tabella seguente riepiloga, fase per fase, le varie fasi studiate, come già precedentemente esposto.

Fase	Carichi	Sezione resistente
1	peso proprio acciaio + soletta	trave metallica
2a	pesi permanenti portati	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_{2a}
2b	ritiro e cedimenti	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_{2b}
3a	variazioni termiche	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_0
3b	carichi mobili	trave metallica con soletta in c.a. omogeneizzata con n_0

Per tener conto correttamente della collaborazione trasversale offerta dalla soletta, sono stati inseriti elementi "thickbeam" trasversali a collegamento delle travi, aventi le caratteristiche di porzioni di soletta trasversale. In fase 1, essendo l'impalcato esistente ancora isolato dalle porzioni in ampliamento, il collegamento trasversale offerto dalla soletta è stato eliminato assegnando a tali elementi un materiale "fittizio" con modulo elastico praticamente nullo.

In fase di analisi vengono elaborati gli inviluppi massimi e minimi delle sollecitazioni dovute sia ai cedimenti vincolari che ai gruppi di carico da traffico (carichi mobili + frenatura) che alle combinazioni termiche (variazioni uniformi + gradienti termici). In fase di verifica, inoltre, vengono determinate in automatico le più sfavorevoli combinazioni dei vari contributi, in funzione della caratteristica di sollecitazione che si intende estrarre e della combinazione di carico in esame (max/min Momento flettente, max/min Azione tagliante).

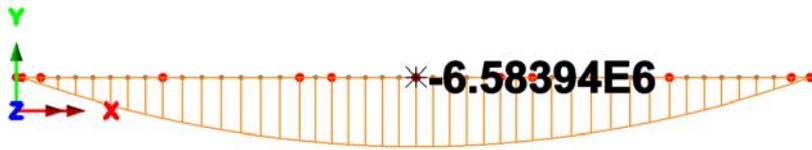
4.2 Output sintetico delle sollecitazioni

4.2.1 Trave d'ampliamento

Di seguito si riporta l'output grafico relativo alle sollecitazioni della trave d'impalcato, riferite alle principali fasi di carico sopra definite, con riferimento alla combinazione di carico SLE rara peggiore, ossia quella con carichi mobili dominanti. Per ciascuna fase di carico sono stati considerati i seguenti inviluppi: max/min momento flettente M e max/min azione tagliante V. I valori numerici sono espressi in N e Nm.

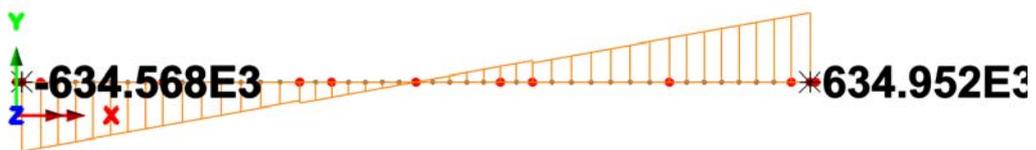
Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLE_fase1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 2.72806E3 at Gauss point 11 of element 105
 Diagram minimum -6.58394E6 at Gauss point 11 of element 83
 Diagram scale: 1: 1.51885E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 2.72806E3 at node 94 of element 105
 Peak/value minimum -6.58394E6 at node 72 of element 83



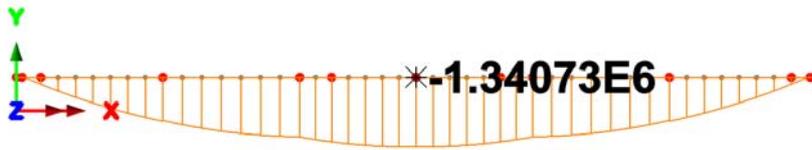
Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLE_fase1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 634.952E3 at Gauss point 11 of element 105
 Diagram minimum -634.568E3 at Gauss point 1 of element 62
 Diagram scale: 1: 15.7492E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 634.952E3 at node 94 of element 105
 Peak/value minimum -634.568E3 at node 50 of element 62



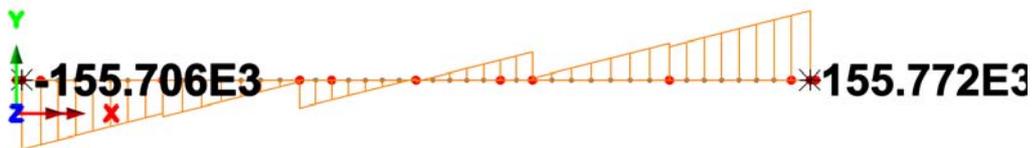
Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLE_fase2a (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 15.614E3 at Gauss point 11 of element 105
 Diagram minimum -1.34132E6 at Gauss point 5 of element 84
 Diagram scale: 1: 7.45536E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 15.614E3 at node 94 of element 105
 Peak/value minimum -1.34073E6 at node 72 of element 84



Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fz
 SLE_fase2a (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 155.772E3 at Gauss point 11 of element 105
 Diagram minimum -155.706E3 at Gauss point 1 of element 62
 Diagram scale: 1: 64.1963E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 155.772E3 at node 94 of element 105
 Peak/value minimum -155.706E3 at node 50 of element 62



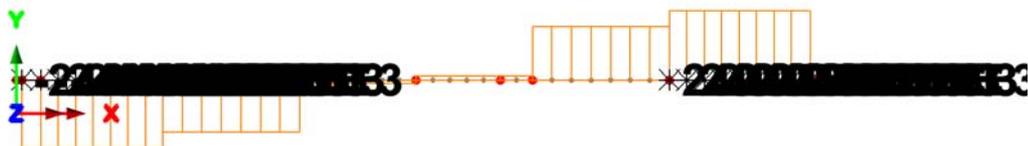
Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLE_fase2b (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 1.50422E6 at Gauss point 11 of element 105
 Diagram minimum -383.05E3 at Gauss point 11 of element 69
 Diagram scale: 1: 6.64798E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 1.50422E6 at node 94 of element 105
 Peak/value minimum -383.05E3 at node 58 of element 69



Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fz
 SLE_fase2b (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 249.276E3 at Gauss point 1 of element 98
 Diagram minimum -244.655E3 at Gauss point 1 of element 62
 Diagram scale: 1: 40.1162E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 249.276E3 at node 87 of element 98
 Peak/value minimum -244.655E3 at node 51 of element 62



Scale: 1: 373.357

Zoom: 100.0

Eye: (0.0, 0.0, 1.0)

Linear/dynamic analysis

Combining on: My

Comb_Mobili_gruppo1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Diagram component: My (Units: N.m)

Diagram maximum -22.1257E-9 at Gauss point 4 of element 61

Diagram minimum -6.63669E6 at Gauss point 11 of element 83

Diagram scale: 1: 1.50678E-6

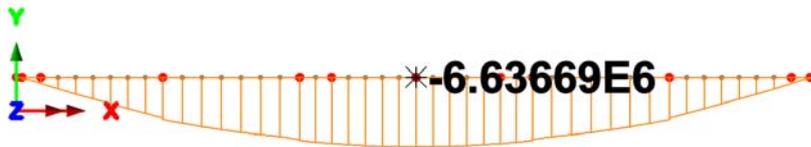
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Peak/value component: My (Units: N.m)

Peak range(%): 0.0

Peak/value maximum -23.6337E-9 at node 49 of element 61

Peak/value minimum -6.63669E6 at node 72 of element 83



Scale: 1: 373.357

Zoom: 100.0

Eye: (0.0, 0.0, 1.0)

Linear/dynamic analysis

Combining on: Fz

Comb_Mobili_gruppo1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Diagram component: Fz (Units: N)

Diagram maximum 598.215E3 at Gauss point 1 of element 105

Diagram minimum 0.402039E-9 at Gauss point 1 of element 106

Diagram scale: 1: 16.7164E-6

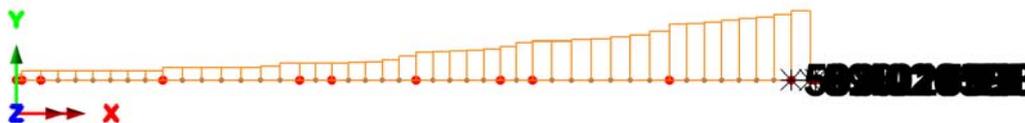
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Peak/value component: Fz (Units: N)

Peak range(%): 0.0

Peak/value maximum 598.215E3 at node 94 of element 105

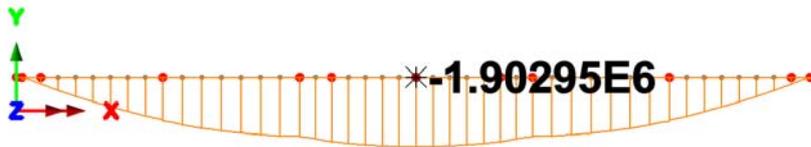
Peak/value minimum 0.402039E-9 at node 95 of element 106



Si aggiungono, infine, le sollecitazioni relative ai carichi mobili da fatica (modello FLM3).

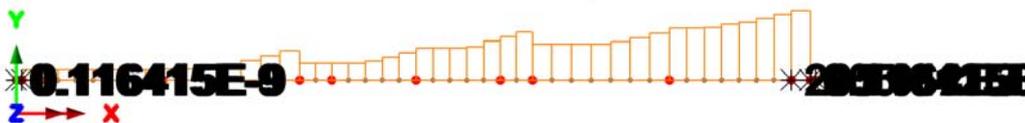
Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Enveloping on: My
 Env_FLM3_andata+ritorno (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum $-5.58919\text{E-}9$ at Gauss point 3 of element 61 (900:LoadID=41 Line=1001 Dir=Fv
 Diagram minimum $-1.90295\text{E}6$ at Gauss point 11 of element 83
 Diagram scale: 1: $5.255\text{E-}6$
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum $-7.45058\text{E-}9$ at node 49 of element 61 (951:LoadID=42 Line=1010 Dir=Fwd F
 Peak/value minimum $-1.90295\text{E}6$ at node 72 of element 83 (912:LoadID=41 Line=1001 Dir=Fwd P



Scale: 1: 373.357
 Zoom: 100.0
 Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
 Linear/dynamic analysis
 Enveloping on: Fz
 Env_FLM3_andata+ritorno (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum $205.912\text{E}3$ at Gauss point 1 of element 105 (928:LoadID=41 Line=1001 Dir=Fv
 Diagram minimum $0.116415\text{E-}9$ at Gauss point 1 of element 61 (902:LoadID=41 Line=1001 Dir=Fv
 Diagram scale: 1: $48.5644\text{E-}6$
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum $205.912\text{E}3$ at node 94 of element 105 (928:LoadID=41 Line=1001 Dir=Fwd F
 Peak/value minimum $0.116415\text{E-}9$ at node 50 of element 61 (902:LoadID=41 Line=1001 Dir=Fwd F



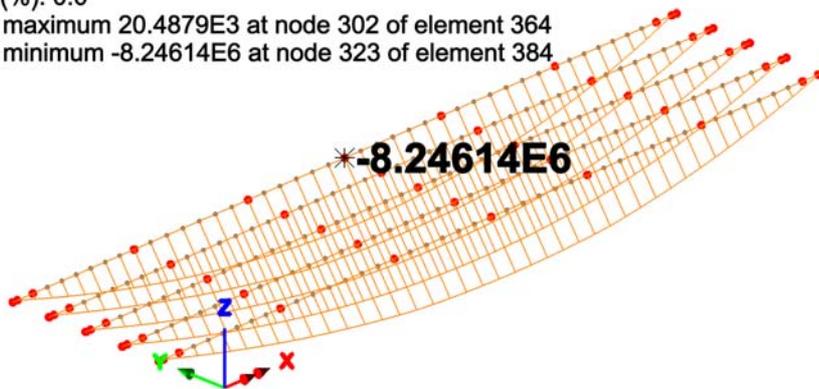
4.2.2 Trave in c.a.p. esistente

Di seguito si riporta l'output grafico relativo alle sollecitazioni delle travi d'impalcato esistenti con riferimento alla combinazione di carico SLE rara peggiore, ossia quella con carichi mobili dominanti. Per ciascuna fase

di carico sono stati considerati i seguenti involuipi: max/min momento flettente M e max/min azione tagliante V. I valori numerici sono espressi in N e Nm.

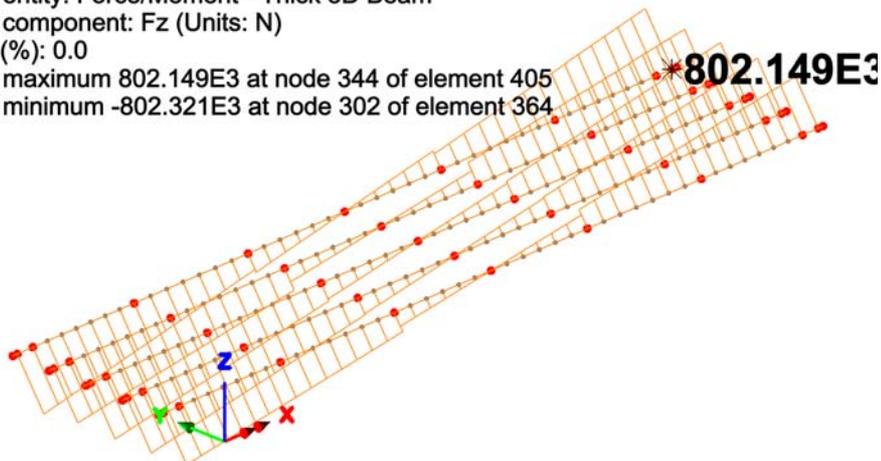
Scale: 1: 294.8
Zoom: 100.0
Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
Linear/dynamic analysis
Combining on: My
SLE_fase1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 20.4879E3 at Gauss point 1 of element 364
Diagram minimum -8.24614E6 at Gauss point 11 of element 384
Diagram scale: 1: 1.21269E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 20.4879E3 at node 302 of element 364
Peak/value minimum -8.24614E6 at node 323 of element 384



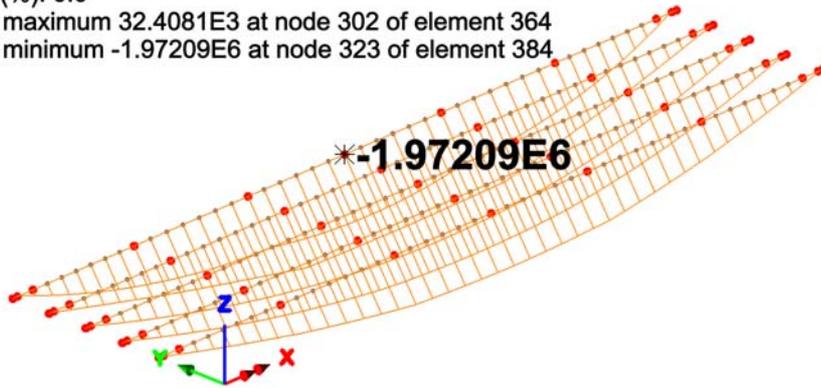
Scale: 1: 294.8
Zoom: 100.0
Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
Linear/dynamic analysis
Combining on: Fz
SLE_fase1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 802.149E3 at Gauss point 11 of element 405
Diagram minimum -802.321E3 at Gauss point 1 of element 364
Diagram scale: 1: 12.4638E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 802.149E3 at node 344 of element 405
Peak/value minimum -802.321E3 at node 302 of element 364



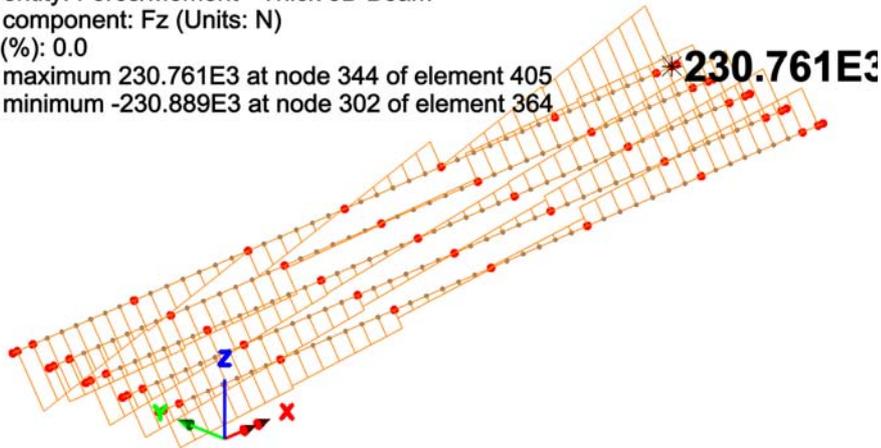
Scale: 1: 294.8
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLE_fase2a (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 32.4081E3 at Gauss point 1 of element 364
 Diagram minimum -1.97233E6 at Gauss point 9 of element 384
 Diagram scale: 1: 5.07014E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 32.4081E3 at node 302 of element 364
 Peak/value minimum -1.97209E6 at node 323 of element 384



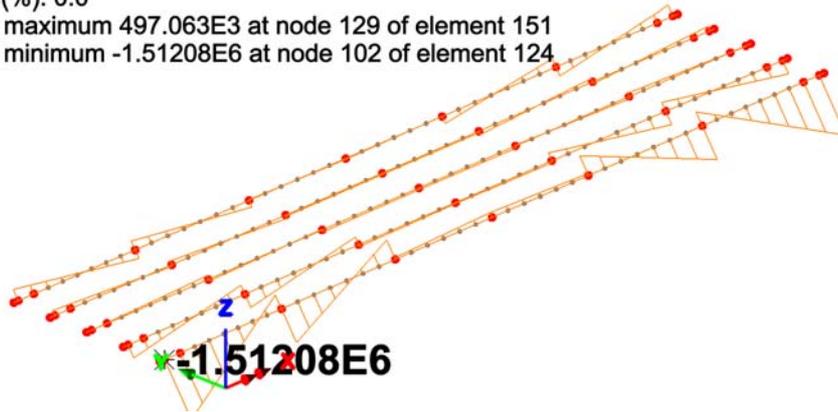
Scale: 1: 294.8
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fz
 SLE_fase2a (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 230.761E3 at Gauss point 11 of element 405
 Diagram minimum -230.889E3 at Gauss point 1 of element 364
 Diagram scale: 1: 43.3109E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 230.761E3 at node 344 of element 405
 Peak/value minimum -230.889E3 at node 302 of element 364



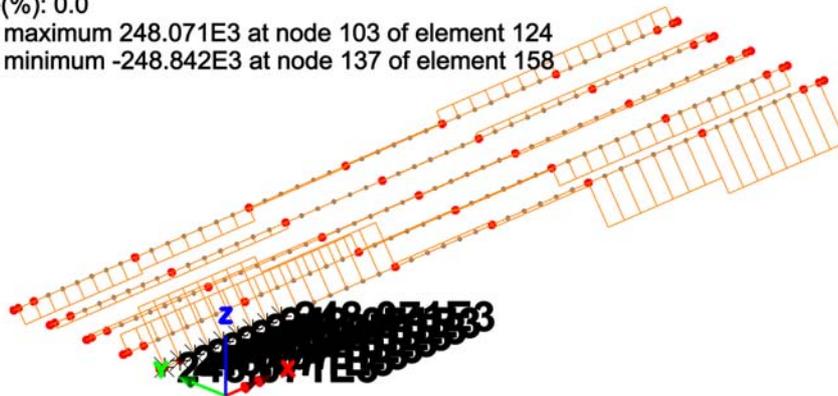
Scale: 1: 294.8
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLE_fase2b (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 497.063E3 at Gauss point 1 of element 151
 Diagram minimum -1.51208E6 at Gauss point 1 of element 124
 Diagram scale: 1: 6.6134E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 497.063E3 at node 129 of element 151
 Peak/value minimum -1.51208E6 at node 102 of element 124



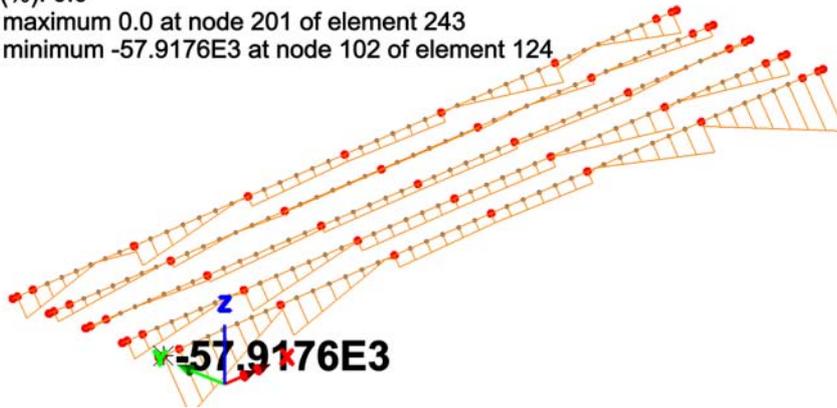
Scale: 1: 294.8
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fz
 SLE_fase2b (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 248.071E3 at Gauss point 1 of element 124
 Diagram minimum -248.842E3 at Gauss point 1 of element 158
 Diagram scale: 1: 40.1861E-6
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 248.071E3 at node 103 of element 124
 Peak/value minimum -248.842E3 at node 137 of element 158



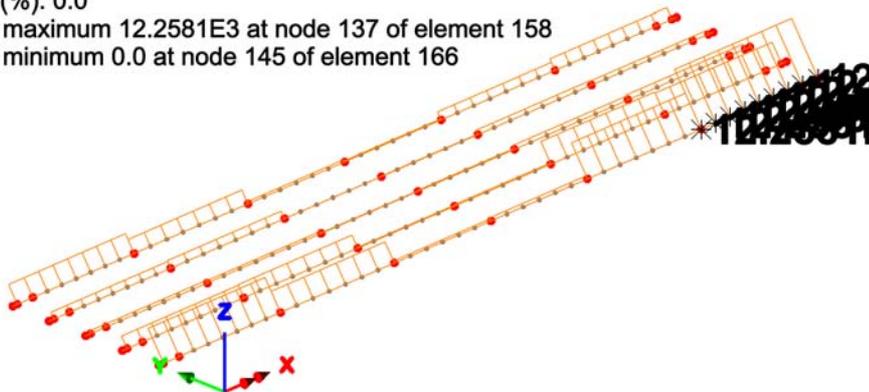
Scale: 1: 294.8
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: My
 SLErara_fase3a (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 0.0 at Gauss point 1 of element 243
 Diagram minimum -57.9176E3 at Gauss point 1 of element 124
 Diagram scale: 1: 0.172659E-3
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: My (Units: N.m)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 0.0 at node 201 of element 243
 Peak/value minimum -57.9176E3 at node 102 of element 124



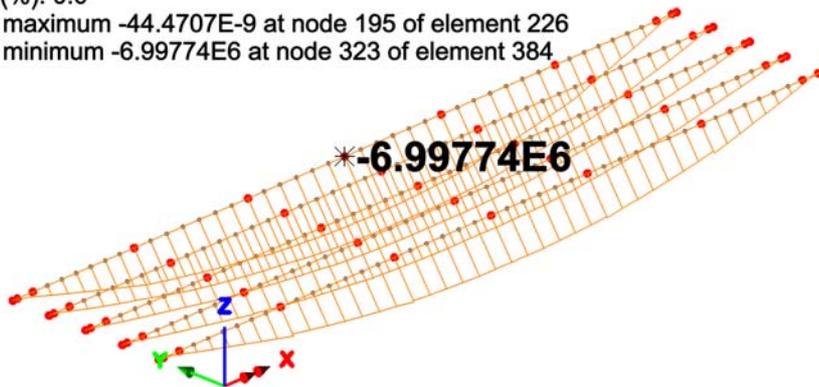
Scale: 1: 294.8
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fz
 SLErara_fase3a (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 12.2581E3 at Gauss point 1 of element 158
 Diagram minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 166
 Diagram scale: 1: 0.815785E-3
 Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum 12.2581E3 at node 137 of element 158
 Peak/value minimum 0.0 at node 145 of element 166



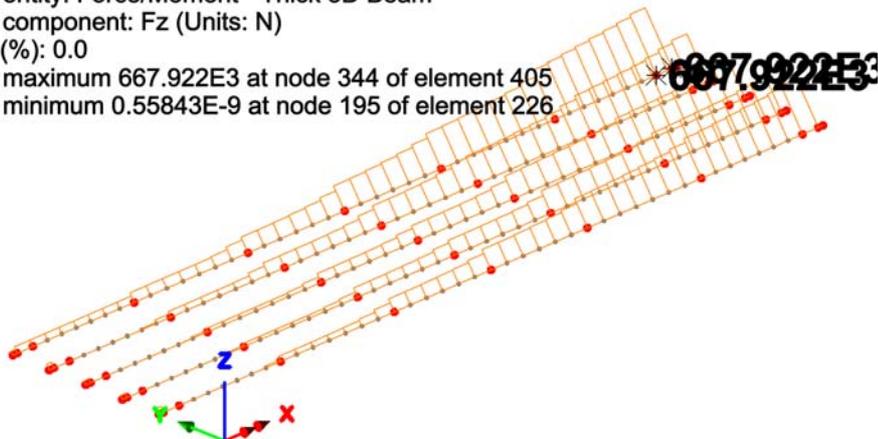
Scale: 1: 294.8
Zoom: 100.0
Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
Linear/dynamic analysis
Combining on: My
Comb_Mobili_gruppo1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum -44.4707E-9 at Gauss point 11 of element 226
Diagram minimum -6.99774E6 at Gauss point 11 of element 384
Diagram scale: 1: 1.42903E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: My (Units: N.m)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum -44.4707E-9 at node 195 of element 226
Peak/value minimum -6.99774E6 at node 323 of element 384



Scale: 1: 294.8
Zoom: 100.0
Eye: (-0.652725, -0.628406, 0.423151)
Linear/dynamic analysis
Combining on: Fz
Comb_Mobili_gruppo1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 667.922E3 at Gauss point 1 of element 405
Diagram minimum 0.55843E-9 at Gauss point 1 of element 226
Diagram scale: 1: 14.9718E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 667.922E3 at node 344 of element 405
Peak/value minimum 0.55843E-9 at node 195 of element 226



5. Verifiche strutturali della porzione in ampliamento

5.1 Generalità

L'analisi e la verifica della struttura d'impalcato sono state condotte in accordo a quanto dichiarato nel capitolo 2 sulla base dell'analisi dei carichi riportata al capitolo 3 della presente relazione.

Come dichiarato nel capitolo 1, le combinazioni considerate nelle verifiche sono quelle previste dalle norme EN 1990 e l'azione accidentale dominante è di volta in volta l'azione da traffico, la combinazione termica o l'azione del vento. Ai fini delle verifiche tensionali sono risultate effettivamente significative le sole combinazioni relative alla massimizzazione/minimizzazione delle sollecitazioni flettenti (max/min M) e taglianti (max |V|).

Nel presente capitolo vengono riportate, per ciascuna tipologia di verifica, le generalità della procedura seguita e il riepilogo sintetico dei risultati, espressi in termini di coefficienti di sicurezza o di rapporti di sfruttamento.

I criteri per la verifica della resistenza delle sezioni (cross section checks) sono contenuti in NTC-08 cap 4.2., 4.3 e relative Istruzioni, e risultano in completo accordo con quanto previsto in Eurocodice + N.A.D. (rif. EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2).

Nel prosieguo si farà riferimento puntuale a quest'ultimo testo, caratterizzato da una trattazione più omogenea, e da un riferimento più puntuale relativamente alle varie regole applicative.

Nell'ambito dei vari S.L. considerati, si effettuano le seguenti verifiche sezionali:

S.L.U.

resistenza delle sezioni (incluse verifiche di local buckling)

flange induced buckling

S.L.E.

limitazione delle tensioni

web breathing

Fatica

verifica dell'ampiezza dei $\Delta\sigma$ (metodo dei coefficienti λ)

I medesimi S.L. verranno esaminati per la verifica della connessione trave-soletta; relativamente alle verifiche effettuate si rimanda allo specifico paragrafo.

Il complesso delle precedenti verifiche viene effettuato in automatico, ad eccezione delle verifiche di flange induced buckling, dal programma "Ponti EC4" per tutte le sezioni critiche, di cui nel seguito vengono esposte in dettaglio le modalità operative attraverso il commento della reportistica di uno o più sezioni prese a campione.

5.2 S.L.U. - resistenza delle sezioni

5.2.1 Generalità

Le verifiche S.L.U. di resistenza della sezione viene effettuata attraverso in seguenti passaggi:

- Preclassificazione della sezione

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sottocomponenti

- Analisi plastica

Tracciamento dei domini di resistenza della sezione N/M_{rd} ed $N/M_{f,rd}$ (dominio della sezione privata dell'anima)

- Classificazione effettiva della sezione

Effettuata sulla base dell'effettivo valore di N_{Ed} , M_{Ed} per la combinazione in esame (max/min M_{Ed} , max/min V_{Ed} , con i rispettivi valori concomitanti)

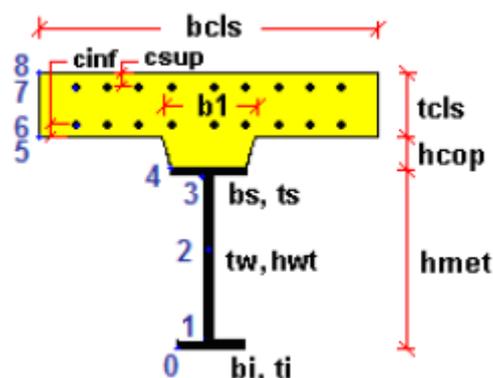
- Verifica a plastica a pressoflessione (sezioni cl. 1 e 2):

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento plastico $\eta_{1,}$; effettuata con riferimento a N_{Ed} , M_{Ed} agenti isolatamente, e per effetto combinato.

- Verifica elastica a pressoflessione (sezioni cl. 3-4)

valutazione del massimo rapporto di sfruttamento elastico η_1 , effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3/4 con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde/efficaci. Le caratteristiche geometriche efficaci vengono dedotte in maniera iterativa, tenendo conto delle flessioni parassite che nascono per effetto dell'eccentricità assunta dall'azione assiale di progetto causata dallo "shift" progressivo dell'a.n.e..

Le tensioni vengono valutate in corrispondenza delle 8 fibre indicate nello schema seguente.



Nell'ambito del calcolo tensionale, la soletta viene considerata "cracked" (non reagente) all'atto dell'annullamento della tensione di compressione valutata in corrispondenza della fibra media. Contestualmente all'annullamento della soletta, si annullano anche le sollecitazioni da ritiro primario.

- Verifica a taglio - sezioni non soggette a "shear buckling"

Viene effettuato il calcolo del taglio resistente plastico, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

- Verifica a taglio - sezioni suscettibili di "shear buckling"

per sezioni soggette a "shear buckling" viene valutato il coefficiente di riduzione χ_w , e successivamente valutato il taglio resistente $V_{b,Rd}$ come somma dei contributo resistenti dell'anima $V_{bw,Rd}$ e, se applicabile, delle flange $V_{bf,Rd}$.

- Verifica interazione azione assiale - flessione - taglio (tutte le classi)

Si adotta univocamente, per tutte le classi di sezione, l'approccio proposto da EN 1993-1-5, cap. 7.1, che consiste nella valutazione di un rapporto di sfruttamento modificato in funzione dei singoli rapporti di sfruttamento valutati per pressoflessione e taglio agenti separatamente. L'adozione di questa formulazione risulta a rigore solo leggermente più cautelativa di quella riservata alle sezioni di classe 1 - 2, per le quali l'interazione N-M-V si risolverebbe con la deduzione di un rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali valutato con riferimento ad una anima opportunamente ridotta per tenere conto dell'influenza del taglio (cfr. EN 1994-2 cap. 6.2.2.4.(2)).

Un'ulteriore ipotesi cautelativa, riservata alla verifica di sezioni in classe 3-4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico η_1 in luogo di quello plastico $\overline{\eta_1}$, indipendentemente dall'andamento delle tensioni lungo l'anima (a rigore la EN 1993-1-5, cap. 7.1.(4) e (5) prevede tale accortezza solo qualora l'anima risulta interamente in compressione).

Come già evidenziato relativamente al calcolo del contributo resistente a taglio delle flange, le resistenze plastiche della sezione completa e della sezione privata dell'anima sono rilevate direttamente dai rispettivi domini di interazione, per cui:

$$M_{pl,Rd} = M_{pl(N),Rd}$$

$$M_{f,Rd} = M_{f(N),Rd}$$

Si rileva incidentalmente che la disequaglianza associata alla formula di interazione presentata poco sopra, evidenzia implicitamente che la formula non è applicabile (non vi è interazione) qualora il momento di progetto sia minore di quello sopportabile dalle sole flange.

Per sezioni in classe 3-4, il momento di progetto M_{Ed} viene valutato sulla base degli stress stress cumulati nella fibra più sollecitata ($M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} \times \Sigma \sigma_{x,i} |$).

5.2.2 Report sintetico verifiche travi principali

Le tabelle seguenti restituiscono l'output sintetico delle verifiche delle travi principali condotte secondo il programma Ponti EC4, contenenti, per ciascuna sezione e per ciascuna condizione esaminata, i seguenti risultati:

- classificazione della sezione in fase 1
- classificazione della sezione in fase finale
- $\overline{\eta_1} = M_{Ed}/M_{R,d}$ rapporto di sfruttamento plastico per tensioni normali

- $\eta_1 = \sigma_{Ed}/(f_y/\gamma_{m0})$ rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali
- V_{Ed}/V_{Rd} rapporto di sfruttamento a taglio
- $M_{Ed}/M_{f,Rd}$ rapporto di sfruttamento interno della sezione (aliquota di ME portata dalle sole flange)
- $\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd}$ rapporto di sfruttamento plastico a taglio
- $V/M/N$ rapporto di sfruttamento per azione combinata M/N/V

Si evidenzia che sia l'analisi plastica sia l'analisi elastica vengono effettuate sistematicamente dal programma, indipendentemente dalla classificazione della sezione.

Pertanto, nell'ambito dell'esposizione dei vari rapporti di sfruttamento, verranno indicati tra parentesi:

- il rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali, quando riferito a sezioni di classe 1-2 (valore non significativo).
- Il rapporto di sfruttamento plastico per tensioni normali, quando riferito a sezioni di classe 3-4 (verifica plastica non applicabile)

Nelle seguenti tabelle sono riportati tra parentesi sono riferiti alle verifiche da ritenersi non significative.

Si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle verifiche condotte in condizioni ultime (SLU), complete di classificazione delle sezioni.

Coefficienti di sfruttamento a Stato Limite Ultimo

Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n^*PRd)$
C1_62_1	Mmax	4	1	0.03	(.087)	0.253	0.05	0.263	No int.	0.123
C1_62_1	Mmin	4	1	0.04	(.073)	0.292	0.07	0.304	No int.	0.178
C1_62_1	Vmax	4	1	0.04	(.076)	0.179	0.07	0.187	No int.	0.055
C1_62_1	Vmin	4	1	0.04	(.071)	0.396	0.06	0.413	No int.	0.288
C1_62_11	Mmax	4	1	0.05	(.066)	0.189	0.09	0.197	No int.	0.077
C1_62_11	Mmin	4	1	0.08	(.075)	0.393	0.14	0.409	No int.	0.295
C1_62_11	Vmax	4	1	0.06	(.06)	0.171	0.1	0.179	No int.	0.053
C1_62_11	Vmin	4	1	0.08	(.066)	0.385	0.14	0.401	No int.	0.285
C1_63_1	Mmax	4	1	0.05	(.066)	0.189	0.09	0.197	No int.	0.077
C1_63_1	Mmin	4	1	0.08	(.075)	0.38	0.14	0.396	No int.	0.278
C1_63_1	Vmax	4	1	0.06	(.06)	0.171	0.1	0.179	No int.	0.053
C1_63_1	Vmin	4	1	0.08	(.065)	0.378	0.14	0.393	No int.	0.274
C1_63_11	Mmax	4	1	0.07	(.061)	0.185	0.12	0.193	No int.	0.08
C1_63_11	Mmin	4	1	0.12	(.128)	0.363	0.21	0.378	No int.	0.265
C1_63_11	Vmax	4	1	0.07	(.071)	0.164	0.13	0.171	No int.	0.051
C1_63_11	Vmin	4	1	0.12	(.125)	0.368	0.21	0.383	No int.	0.272
C1_64_1	Mmax	4	1	0.07	(.061)	0.185	0.12	0.193	No int.	0.08
C1_64_1	Mmin	4	1	0.12	(.128)	0.35	0.21	0.364	No int.	0.247
C1_64_1	Vmax	4	1	0.07	(.071)	0.164	0.13	0.171	No int.	0.051
C1_64_1	Vmin	4	1	0.11	(.121)	0.363	0.2	0.377	No int.	0.265
C1_64_11	Mmax	4	1	0.09	(.09)	0.175	0.15	0.182	No int.	0.074
C1_64_11	Mmin	4	1	0.15	(.183)	0.346	0.27	0.36	No int.	0.253
C1_64_11	Vmax	4	1	0.09	(.097)	0.157	0.16	0.163	No int.	0.049
C1_64_11	Vmin	4	1	0.15	(.178)	0.353	0.27	0.367	No int.	0.262

Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C1_65_1	Mmax	4	1	0.09	(.09)	0.175	0.15	0.182	No int.	0.074
C1_65_1	Mmin	4	1	0.15	(.183)	0.333	0.27	0.346	No int.	0.235
C1_65_1	Vmax	4	1	0.09	(.097)	0.157	0.16	0.163	No int.	0.049
C1_65_1	Vmin	4	1	0.15	(.178)	0.35	0.27	0.363	No int.	0.257
C1_65_11	Mmax	4	1	0.1	(.117)	0.165	0.19	0.172	No int.	0.068
C1_65_11	Mmin	4	1	0.19	(.236)	0.329	0.33	0.341	No int.	0.239
C1_65_11	Vmax	4	1	0.11	(.122)	0.149	0.19	0.156	No int.	0.047
C1_65_11	Vmin	4	1	0.18	(.233)	0.34	0.33	0.353	No int.	0.254
C1_66_1	Mmax	4	1	0.1	(.117)	0.165	0.19	0.172	No int.	0.068
C1_66_1	Mmin	4	1	0.19	(.236)	0.316	0.33	0.328	No int.	0.221
C1_66_1	Vmax	4	1	0.11	(.122)	0.149	0.19	0.156	No int.	0.047
C1_66_1	Vmin	4	1	0.18	(.233)	0.336	0.33	0.349	No int.	0.249
C1_66_11	Mmax	4	1	0.12	(.143)	0.149	0.21	0.155	No int.	0.054
C1_66_11	Mmin	4	1	0.22	(.278)	0.32	0.39	0.331	No int.	0.237
C1_66_11	Vmax	4	1	0.12	(.145)	0.142	0.22	0.148	No int.	0.045
C1_66_11	Vmin	4	1	0.22	(.277)	0.327	0.39	0.339	No int.	0.246
C1_67_1	Mmax	4	1	0.12	(.143)	0.149	0.21	0.155	No int.	0.054
C1_67_1	Mmin	4	1	0.22	(.278)	0.312	0.39	0.323	No int.	0.226
C1_67_1	Vmax	4	1	0.12	(.145)	0.142	0.22	0.148	No int.	0.045
C1_67_1	Vmin	4	1	0.22	(.277)	0.323	0.39	0.335	No int.	0.241
C1_67_11	Mmax	4	1	0.13	(.166)	0.138	0.24	0.144	No int.	0.048
C1_67_11	Mmin	4	1	0.25	(.323)	0.312	0.44	0.323	No int.	0.237
C1_67_11	Vmax	4	1	0.14	(.168)	0.135	0.24	0.14	No int.	0.043
C1_67_11	Vmin	4	1	0.25	(.322)	0.314	0.44	0.324	No int.	0.239
C1_68_1	Mmax	4	1	0.13	(.166)	0.138	0.24	0.144	No int.	0.048
C1_68_1	Mmin	4	1	0.25	(.323)	0.309	0.44	0.319	No int.	0.232
C1_68_1	Vmax	4	1	0.14	(.168)	0.135	0.24	0.14	No int.	0.043
C1_68_1	Vmin	4	1	0.24	(.315)	0.311	0.43	0.321	No int.	0.235
C1_68_11	Mmax	4	1	0.15	(.188)	0.129	0.26	0.134	No int.	0.044
C1_68_11	Mmin	4	1	0.28	(.366)	0.299	0.5	0.309	No int.	0.229
C1_68_11	Vmax	4	1	0.15	(.189)	0.127	0.27	0.132	No int.	0.041
C1_68_11	Vmin	4	1	0.28	(.359)	0.301	0.49	0.311	No int.	0.232
C1_69_1	Mmax	4	1	0.15	(.188)	0.129	0.26	0.134	No int.	0.044
C1_69_1	Mmin	4	1	0.28	(.366)	0.296	0.5	0.305	No int.	0.225
C1_69_1	Vmax	4	1	0.15	(.189)	0.127	0.27	0.132	No int.	0.041
C1_69_1	Vmin	4	1	0.27	(.354)	0.299	0.48	0.309	No int.	0.229
C1_69_11	Mmax	4	1	0.16	(.208)	0.122	0.29	0.126	No int.	0.042
C1_69_11	Mmin	4	1	0.31	(.407)	0.286	0.55	0.295	No int.	0.222
C1_69_11	Vmax	4	1	0.16	(.209)	0.12	0.29	0.125	No int.	0.039
C1_69_11	Vmin	4	1	0.3	(.396)	0.29	0.53	0.299	No int.	0.227
C1_98_1	Mmax	4	1	0.16	(.206)	0.122	0.29	0.127	No int.	0.041
C1_98_1	Mmin	4	1	0.31	(.405)	0.288	0.55	0.296	No int.	0.223
C1_98_1	Vmax	4	1	0.3	(.394)	0.291	0.53	0.3	No int.	0.228
C1_98_1	Vmin	4	1	0.16	(.206)	0.122	0.29	0.127	No int.	0.041
C1_98_11	Mmax	4	1	0.15	(.186)	0.13	0.26	0.135	No int.	0.045
C1_98_11	Mmin	4	1	0.28	(.363)	0.297	0.5	0.307	No int.	0.226
C1_98_11	Vmax	4	1	0.27	(.352)	0.3	0.48	0.31	No int.	0.23
C1_98_11	Vmin	4	1	0.15	(.186)	0.129	0.26	0.134	No int.	0.043
C1_99_1	Mmax	4	1	0.15	(.186)	0.13	0.26	0.135	No int.	0.045
C1_99_1	Mmin	4	1	0.28	(.363)	0.3	0.5	0.31	No int.	0.23
C1_99_1	Vmax	4	1	0.27	(.357)	0.302	0.49	0.312	No int.	0.233

Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C1_99_1	Vmin	4	1	0.15	(.186)	0.129	0.26	0.134	No int.	0.043
C1_99_11	Mmax	4	1	0.13	(.164)	0.138	0.24	0.144	No int.	0.048
C1_99_11	Mmin	4	1	0.25	(.32)	0.31	0.44	0.32	No int.	0.233
C1_99_11	Vmax	4	1	0.24	(.313)	0.312	0.43	0.322	No int.	0.236
C1_99_11	Vmin	4	1	0.13	(.164)	0.136	0.24	0.142	No int.	0.045
C1_100_1	Mmax	4	1	0.13	(.164)	0.138	0.24	0.144	No int.	0.048
C1_100_1	Mmin	4	1	0.25	(.32)	0.313	0.44	0.324	No int.	0.238
C1_100_1	Vmax	4	1	0.25	(.32)	0.315	0.44	0.326	No int.	0.24
C1_100_1	Vmin	4	1	0.13	(.164)	0.136	0.24	0.142	No int.	0.045
C1_100_11	Mmax	4	1	0.12	(.141)	0.147	0.21	0.153	No int.	0.051
C1_100_11	Mmin	4	1	0.22	(.275)	0.313	0.39	0.324	No int.	0.227
C1_100_11	Vmax	4	1	0.22	(.274)	0.324	0.38	0.336	No int.	0.242
C1_100_11	Vmin	4	1	0.12	(.142)	0.144	0.21	0.15	No int.	0.047
C1_101_1	Mmax	4	1	0.12	(.141)	0.147	0.21	0.153	No int.	0.051
C1_101_1	Mmin	4	1	0.22	(.275)	0.321	0.39	0.332	No int.	0.238
C1_101_1	Vmax	4	1	0.22	(.274)	0.328	0.38	0.34	No int.	0.247
C1_101_1	Vmin	4	1	0.12	(.142)	0.144	0.21	0.15	No int.	0.047
C1_101_11	Mmax	4	1	0.1	(.117)	0.159	0.19	0.166	No int.	0.06
C1_101_11	Mmin	4	1	0.18	(.232)	0.322	0.33	0.334	No int.	0.23
C1_101_11	Vmax	4	1	0.18	(.229)	0.337	0.32	0.35	No int.	0.25
C1_101_11	Vmin	4	1	0.1	(.118)	0.151	0.19	0.157	No int.	0.049
C1_102_1	Mmax	4	1	0.1	(.117)	0.159	0.19	0.166	No int.	0.06
C1_102_1	Mmin	4	1	0.18	(.232)	0.332	0.33	0.345	No int.	0.243
C1_102_1	Vmax	4	1	0.18	(.229)	0.341	0.32	0.354	No int.	0.255
C1_102_1	Vmin	4	1	0.1	(.118)	0.151	0.19	0.157	No int.	0.049
C1_102_11	Mmax	4	1	0.09	(.09)	0.175	0.15	0.182	No int.	0.074
C1_102_11	Mmin	4	1	0.15	(.179)	0.335	0.27	0.348	No int.	0.237
C1_102_11	Vmax	4	1	0.15	(.174)	0.351	0.26	0.364	No int.	0.258
C1_102_11	Vmin	4	1	0.09	(.093)	0.158	0.16	0.165	No int.	0.051
C1_103_1	Mmax	4	1	0.09	(.09)	0.175	0.15	0.182	No int.	0.074
C1_103_1	Mmin	4	1	0.15	(.179)	0.348	0.27	0.362	No int.	0.255
C1_103_1	Vmax	4	1	0.15	(.174)	0.354	0.26	0.368	No int.	0.263
C1_103_1	Vmin	4	1	0.09	(.093)	0.158	0.16	0.165	No int.	0.051
C1_103_11	Mmax	4	1	0.07	(.061)	0.186	0.12	0.193	No int.	0.08
C1_103_11	Mmin	4	1	0.12	(.123)	0.352	0.2	0.366	No int.	0.25
C1_103_11	Vmax	4	1	0.11	(.117)	0.364	0.2	0.379	No int.	0.265
C1_103_11	Vmin	4	1	0.07	(.067)	0.166	0.13	0.173	No int.	0.053
C1_104_1	Mmax	4	1	0.07	(.061)	0.186	0.12	0.193	No int.	0.08
C1_104_1	Mmin	4	1	0.12	(.123)	0.365	0.2	0.38	No int.	0.267
C1_104_1	Vmax	4	1	0.11	(.121)	0.369	0.2	0.384	No int.	0.273
C1_104_1	Vmin	4	1	0.07	(.067)	0.166	0.13	0.173	No int.	0.053
C1_104_11	Mmax	4	1	0.05	(.066)	0.187	0.09	0.195	No int.	0.074
C1_104_11	Mmin	4	1	0.08	(.07)	0.382	0.14	0.398	No int.	0.28
C1_104_11	Vmax	4	1	0.08	(.061)	0.379	0.13	0.394	No int.	0.275
C1_104_11	Vmin	4	1	0.06	(.062)	0.173	0.1	0.18	No int.	0.055
C1_105_1	Mmax	4	1	0.05	(.066)	0.187	0.09	0.195	No int.	0.074
C1_105_1	Mmin	4	1	0.08	(.07)	0.395	0.14	0.411	No int.	0.297
C1_105_1	Vmax	4	1	0.08	(.061)	0.386	0.13	0.403	No int.	0.286
C1_105_1	Vmin	4	1	0.06	(.062)	0.173	0.1	0.18	No int.	0.055
C1_105_11	Mmax	4	1	0.03	(.087)	0.273	0.05	0.284	No int.	0.124
C1_105_11	Mmin	4	1	0.04	(.076)	0.274	0.07	0.285	No int.	0.18

Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C1_105_11	Vmax	4	1	0.03	(.073)	0.397	0.06	0.414	No int.	0.289
C1_105_11	Vmin	4	1	0.04	(.079)	0.181	0.06	0.189	No int.	0.057
C1_61_1	Mmax	4	1	0.06	()	0	0.1	0	No int.	0
C1_61_1	Mmin	4	1	0.06	()	0	0.1	0	No int.	0
C1_61_1	Vmax	4	1	0.06	()	0.012	0.1	0.013	No int.	0.017
C1_61_1	Vmin	4	1	0.06	()	0	0.1	0	No int.	0
C1_61_11	Mmax	4	1	0.06	(.001)	0.016	0.1	0.016	No int.	0.018
C1_61_11	Mmin	4	1	0.06	()	0.002	0.1	0.002	No int.	0.001
C1_61_11	Vmax	4	1	0.06	(.001)	0.016	0.1	0.016	No int.	0.018
C1_61_11	Vmin	4	1	0.06	()	0.002	0.1	0.002	No int.	0.001
C1_106_1	Mmax	4	1	0.06	(.001)	0.016	0.1	0.016	No int.	0.018
C1_106_1	Mmin	4	1	0.06	()	0.002	0.1	0.002	No int.	0.001
C1_106_1	Vmax	4	1	0.06	()	0.002	0.1	0.002	No int.	0.001
C1_106_1	Vmin	4	1	0.06	(.001)	0.016	0.1	0.016	No int.	0.018
C1_106_11	Mmax	4	1	0.06	()	0	0.1	0	No int.	0
C1_106_11	Mmin	4	1	0.06	()	0.001	0.1	0.001	No int.	0.001
C1_106_11	Vmax	4	1	0.06	()	0	0.1	0	No int.	0
C1_106_11	Vmin	4	1	0.06	()	0.012	0.1	0.013	No int.	0.017
C2_70_1	Mmax	4	1	0.12	(.173)	0.128	0.19	0.141	No int.	0.028
C2_70_1	Mmin	4	1	0.26	(.338)	0.282	0.4	0.307	No int.	0.16
C2_70_1	Vmax	4	1	0.17	(.244)	0.118	0.26	0.13	No int.	0.016
C2_70_1	Vmin	4	1	0.24	(.322)	0.311	0.38	0.34	No int.	0.193
C2_70_11	Mmax	4	1	0.13	(.189)	0.118	0.2	0.13	No int.	0.026
C2_70_11	Mmin	4	1	0.28	(.37)	0.269	0.44	0.292	No int.	0.157
C2_70_11	Vmax	4	1	0.18	(.259)	0.108	0.28	0.119	No int.	0.014
C2_70_11	Vmin	4	1	0.27	(.358)	0.299	0.42	0.325	No int.	0.19
C2_71_1	Mmax	4	1	0.13	(.189)	0.118	0.2	0.13	No int.	0.026
C2_71_1	Mmin	4	1	0.28	(.37)	0.237	0.44	0.257	No int.	0.121
C2_71_1	Vmax	4	1	0.18	(.259)	0.108	0.28	0.119	No int.	0.014
C2_71_1	Vmin	4	1	0.26	(.347)	0.289	0.4	0.314	No int.	0.179
C2_71_11	Mmax	4	1	0.14	(.204)	0.108	0.22	0.119	No int.	0.023
C2_71_11	Mmin	4	1	0.31	(.399)	0.263	0.47	0.285	No int.	0.161
C2_71_11	Vmax	4	1	0.19	(.273)	0.099	0.29	0.108	No int.	0.012
C2_71_11	Vmin	4	1	0.29	(.379)	0.276	0.44	0.3	No int.	0.176
C2_72_1	Mmax	4	1	0.14	(.204)	0.108	0.22	0.119	No int.	0.023
C2_72_1	Mmin	4	1	0.31	(.399)	0.231	0.47	0.25	No int.	0.126
C2_72_1	Vmax	4	1	0.19	(.273)	0.099	0.29	0.108	No int.	0.012
C2_72_1	Vmin	4	1	0.28	(.372)	0.271	0.43	0.294	No int.	0.17
C2_72_11	Mmax	4	1	0.15	(.217)	0.098	0.23	0.108	No int.	0.021
C2_72_11	Mmin	4	1	0.33	(.427)	0.239	0.5	0.258	No int.	0.146
C2_72_11	Vmax	4	1	0.2	(.285)	0.089	0.31	0.097	No int.	0.01
C2_72_11	Vmin	4	1	0.3	(.402)	0.258	0.47	0.28	No int.	0.167
C2_73_1	Mmax	4	1	0.15	(.217)	0.098	0.23	0.108	No int.	0.021
C2_73_1	Mmin	4	1	0.33	(.427)	0.205	0.5	0.222	No int.	0.108
C2_73_1	Vmax	4	1	0.2	(.285)	0.089	0.31	0.097	No int.	0.01
C2_73_1	Vmin	4	1	0.3	(.396)	0.254	0.46	0.276	No int.	0.163
C2_73_11	Mmax	4	1	0.16	(.23)	0.088	0.25	0.097	No int.	0.018
C2_73_11	Mmin	4	1	0.34	(.451)	0.215	0.53	0.231	No int.	0.13
C2_73_11	Vmax	4	1	0.2	(.296)	0.079	0.32	0.087	No int.	0.007
C2_73_11	Vmin	4	1	0.32	(.425)	0.242	0.49	0.261	No int.	0.16
C2_74_1	Mmax	4	1	0.16	(.23)	0.088	0.25	0.097	No int.	0.018

Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C2_74_1	Mmin	4	1	0.34	(.451)	0.179	0.53	0.193	No int.	0.091
C2_74_1	Vmax	4	1	0.2	(.296)	0.079	0.32	0.087	No int.	0.007
C2_74_1	Vmin	4	1	0.32	(.421)	0.238	0.49	0.258	No int.	0.157
C2_74_11	Mmax	4	1	0.17	(.24)	0.078	0.26	0.086	No int.	0.015
C2_74_11	Mmin	4	1	0.36	(.473)	0.191	0.55	0.205	No int.	0.115
C2_74_11	Vmax	4	1	0.21	(.306)	0.069	0.33	0.076	No int.	0.005
C2_74_11	Vmin	4	1	0.34	(.448)	0.226	0.52	0.243	No int.	0.154
C2_75_1	Mmax	4	1	0.17	(.24)	0.078	0.26	0.086	No int.	0.015
C2_75_1	Mmin	4	1	0.36	(.473)	0.154	0.55	0.165	No int.	0.074
C2_75_1	Vmax	4	1	0.24	(.341)	0.066	0.37	0.072	No int.	0.001
C2_75_1	Vmin	4	1	0.33	(.444)	0.223	0.52	0.241	No int.	0.151
C2_75_11	Mmax	4	1	0.17	(.25)	0.068	0.27	0.075	No int.	0.013
C2_75_11	Mmin	4	1	0.37	(.493)	0.183	0.58	0.196	No int.	0.117
C2_75_11	Vmax	4	1	0.24	(.349)	0.056	0.38	0.061	No int.	0.001
C2_75_11	Vmin	4	1	0.35	(.469)	0.21	0.55	0.226	No int.	0.148
C2_76_1	Mmax	4	1	0.17	(.25)	0.068	0.27	0.075	No int.	0.013
C2_76_1	Mmin	4	1	0.37	(.493)	0.152	0.58	0.163	No int.	0.084
C2_76_1	Vmax	4	1	0.25	(.359)	0.05	0.39	0.055	No int.	0.008
C2_76_1	Vmin	4	1	0.35	(.466)	0.209	0.54	0.225	No int.	0.147
C2_76_11	Mmax	4	1	0.18	(.258)	0.058	0.28	0.064	No int.	0.011
C2_76_11	Mmin	4	1	0.39	(.513)	0.182	0.6	0.195	No int.	0.128
C2_76_11	Vmax	4	1	0.25	(.365)	0.04	0.39	0.044	No int.	0.01
C2_76_11	Vmin	4	1	0.37	(.488)	0.196	0.57	0.21	No int.	0.144
C2_77_1	Mmax	4	1	0.17	(.258)	0.068	0.26	0.075	No int.	0.023
C2_77_1	Mmin	4	1	0.38	(.509)	0.144	0.59	0.154	No int.	0.086
C2_77_1	Vmax	4	1	0.3	(.405)	0.014	0.46	0.015	No int.	0.037
C2_77_1	Vmin	4	1	0.34	(.468)	0.184	0.53	0.198	No int.	0.13
C2_77_11	Mmax	4	1	0.17	(.264)	0.06	0.27	0.066	No int.	0.021
C2_77_11	Mmin	4	1	0.39	(.522)	0.133	0.61	0.142	No int.	0.084
C2_77_11	Vmax	4	1	0.3	(.407)	0.006	0.47	0.006	No int.	0.039
C2_77_11	Vmin	4	1	0.36	(.485)	0.173	0.55	0.186	No int.	0.128
C2_78_1	Mmax	4	1	0.17	(.264)	0.06	0.27	0.066	No int.	0.021
C2_78_1	Mmin	4	1	0.39	(.522)	0.105	0.61	0.112	No int.	0.052
C2_78_1	Vmax	4	1	0.3	(.407)	0.006	0.47	0.006	No int.	0.039
C2_78_1	Vmin	4	1	0.35	(.479)	0.164	0.55	0.176	No int.	0.118
C2_78_11	Mmax	4	1	0.18	(.27)	0.052	0.28	0.057	No int.	0.019
C2_78_11	Mmin	4	1	0.4	(.532)	0.116	0.62	0.123	No int.	0.074
C2_78_11	Vmax	4	1	0.3	(.408)	0.002	0.47	0.003	No int.	0.041
C2_78_11	Vmin	4	1	0.36	(.493)	0.153	0.56	0.164	No int.	0.115
C2_89_1	Mmax	4	1	0.18	(.27)	0.053	0.28	0.058	No int.	0.02
C2_89_1	Mmin	4	1	0.4	(.532)	0.116	0.62	0.124	No int.	0.074
C2_89_1	Vmax	4	1	0.38	(.517)	0.154	0.59	0.165	No int.	0.115
C2_89_1	Vmin	4	1	0.28	(.383)	0.002	0.44	0.002	No int.	0.041
C2_89_11	Mmax	4	1	0.17	(.264)	0.061	0.27	0.067	No int.	0.022
C2_89_11	Mmin	4	1	0.39	(.521)	0.105	0.6	0.112	No int.	0.053
C2_89_11	Vmax	4	1	0.37	(.503)	0.165	0.58	0.176	No int.	0.118
C2_89_11	Vmin	4	1	0.28	(.382)	0.006	0.44	0.007	No int.	0.039
C2_90_1	Mmax	4	1	0.17	(.264)	0.061	0.27	0.067	No int.	0.022
C2_90_1	Mmin	4	1	0.39	(.521)	0.134	0.6	0.143	No int.	0.084
C2_90_1	Vmax	4	1	0.37	(.508)	0.174	0.58	0.186	No int.	0.128
C2_90_1	Vmin	4	1	0.28	(.382)	0.006	0.44	0.007	No int.	0.039

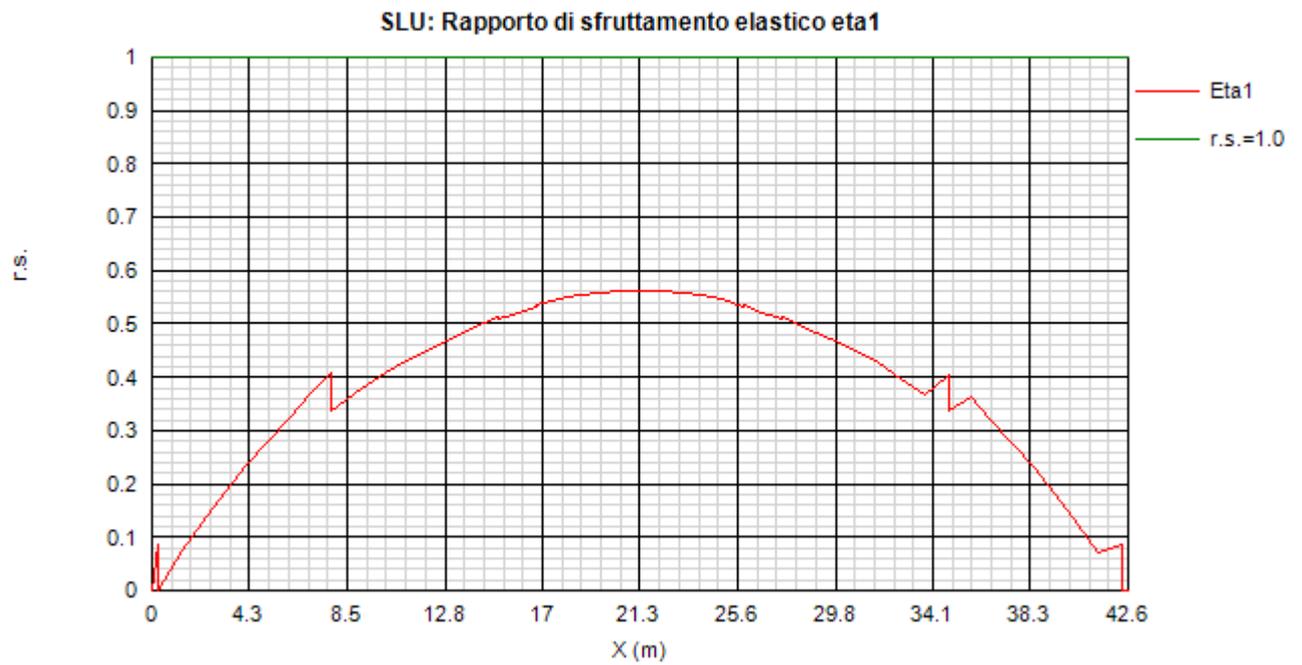
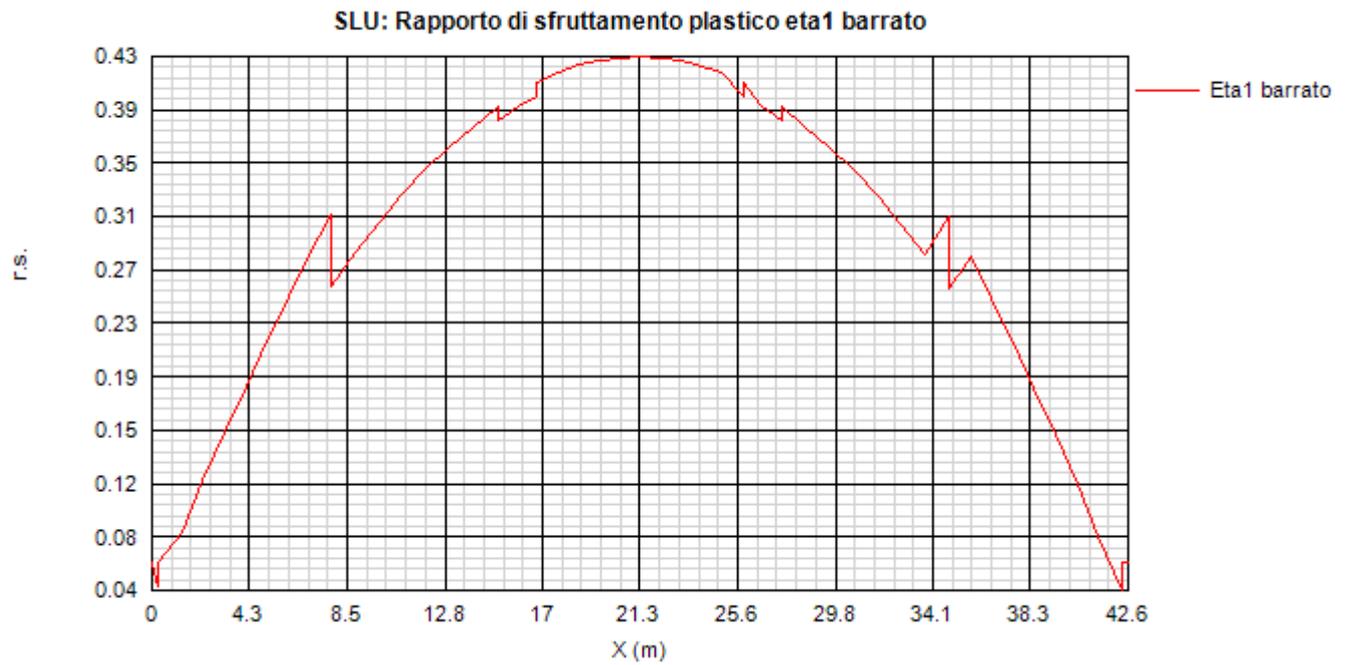
Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C2_90_11	Mmax	4	1	0.17	(.257)	0.069	0.26	0.076	No int.	0.024
C2_90_11	Mmin	4	1	0.38	(.508)	0.145	0.59	0.155	No int.	0.086
C2_90_11	Vmax	4	1	0.36	(.492)	0.185	0.56	0.198	No int.	0.13
C2_90_11	Vmin	4	1	0.28	(.38)	0.015	0.44	0.016	No int.	0.037
C2_91_1	Mmax	4	1	0.18	(.258)	0.06	0.28	0.066	No int.	0.012
C2_91_1	Mmin	4	1	0.39	(.512)	0.184	0.6	0.196	No int.	0.129
C2_91_1	Vmax	4	1	0.37	(.488)	0.197	0.57	0.212	No int.	0.145
C2_91_1	Vmin	4	1	0.29	(.385)	0.042	0.45	0.045	No int.	0.009
C2_91_11	Mmax	4	1	0.17	(.249)	0.07	0.27	0.077	No int.	0.015
C2_91_11	Mmin	4	1	0.37	(.492)	0.153	0.58	0.164	No int.	0.085
C2_91_11	Vmax	4	1	0.35	(.465)	0.21	0.54	0.226	No int.	0.148
C2_91_11	Vmin	4	1	0.28	(.379)	0.052	0.44	0.056	No int.	0.007
C2_92_1	Mmax	4	1	0.17	(.249)	0.07	0.27	0.077	No int.	0.015
C2_92_1	Mmin	4	1	0.37	(.492)	0.184	0.58	0.197	No int.	0.118
C2_92_1	Vmax	4	1	0.35	(.469)	0.212	0.55	0.228	No int.	0.149
C2_92_1	Vmin	4	1	0.24	(.347)	0.058	0.38	0.063	No int.	0
C2_92_11	Mmax	4	1	0.17	(.239)	0.08	0.26	0.088	No int.	0.017
C2_92_11	Mmin	4	1	0.36	(.472)	0.155	0.55	0.167	No int.	0.075
C2_92_11	Vmax	4	1	0.33	(.444)	0.224	0.52	0.242	No int.	0.152
C2_92_11	Vmin	4	1	0.24	(.339)	0.067	0.37	0.074	No int.	0.003
C2_93_1	Mmax	4	1	0.17	(.239)	0.08	0.26	0.088	No int.	0.017
C2_93_1	Mmin	4	1	0.36	(.472)	0.192	0.55	0.206	No int.	0.116
C2_93_1	Vmax	4	1	0.34	(.447)	0.227	0.52	0.245	No int.	0.155
C2_93_1	Vmin	4	1	0.21	(.303)	0.071	0.33	0.078	No int.	0.006
C2_93_11	Mmax	4	1	0.16	(.228)	0.089	0.25	0.098	No int.	0.019
C2_93_11	Mmin	4	1	0.34	(.45)	0.181	0.53	0.195	No int.	0.092
C2_93_11	Vmax	4	1	0.32	(.421)	0.24	0.49	0.259	No int.	0.158
C2_93_11	Vmin	4	1	0.2	(.293)	0.081	0.32	0.088	No int.	0.009
C2_94_1	Mmax	4	1	0.16	(.228)	0.089	0.25	0.098	No int.	0.019
C2_94_1	Mmin	4	1	0.34	(.45)	0.216	0.53	0.233	No int.	0.131
C2_94_1	Vmax	4	1	0.32	(.424)	0.243	0.49	0.262	No int.	0.161
C2_94_1	Vmin	4	1	0.2	(.293)	0.081	0.32	0.088	No int.	0.009
C2_94_11	Mmax	4	1	0.15	(.216)	0.099	0.23	0.109	No int.	0.021
C2_94_11	Mmin	4	1	0.32	(.425)	0.207	0.5	0.223	No int.	0.109
C2_94_11	Vmax	4	1	0.3	(.396)	0.255	0.46	0.277	No int.	0.164
C2_94_11	Vmin	4	1	0.2	(.282)	0.09	0.3	0.099	No int.	0.011
C2_95_1	Mmax	4	1	0.15	(.216)	0.099	0.23	0.109	No int.	0.021
C2_95_1	Mmin	4	1	0.32	(.425)	0.24	0.5	0.26	No int.	0.146
C2_95_1	Vmax	4	1	0.3	(.402)	0.259	0.47	0.281	No int.	0.168
C2_95_1	Vmin	4	1	0.2	(.282)	0.09	0.3	0.099	No int.	0.011
C2_95_11	Mmax	4	1	0.14	(.202)	0.109	0.22	0.12	No int.	0.023
C2_95_11	Mmin	4	1	0.3	(.398)	0.232	0.47	0.252	No int.	0.127
C2_95_11	Vmax	4	1	0.28	(.371)	0.272	0.43	0.296	No int.	0.171
C2_95_11	Vmin	4	1	0.19	(.27)	0.1	0.29	0.11	No int.	0.013
C2_96_1	Mmax	4	1	0.14	(.202)	0.109	0.22	0.12	No int.	0.023
C2_96_1	Mmin	4	1	0.3	(.398)	0.265	0.47	0.287	No int.	0.162
C2_96_1	Vmax	4	1	0.29	(.378)	0.277	0.44	0.301	No int.	0.177
C2_96_1	Vmin	4	1	0.19	(.27)	0.1	0.29	0.11	No int.	0.013
C2_96_11	Mmax	4	1	0.13	(.187)	0.119	0.2	0.131	No int.	0.026
C2_96_11	Mmin	4	1	0.28	(.368)	0.238	0.43	0.259	No int.	0.122
C2_96_11	Vmax	4	1	0.26	(.346)	0.29	0.4	0.316	No int.	0.18

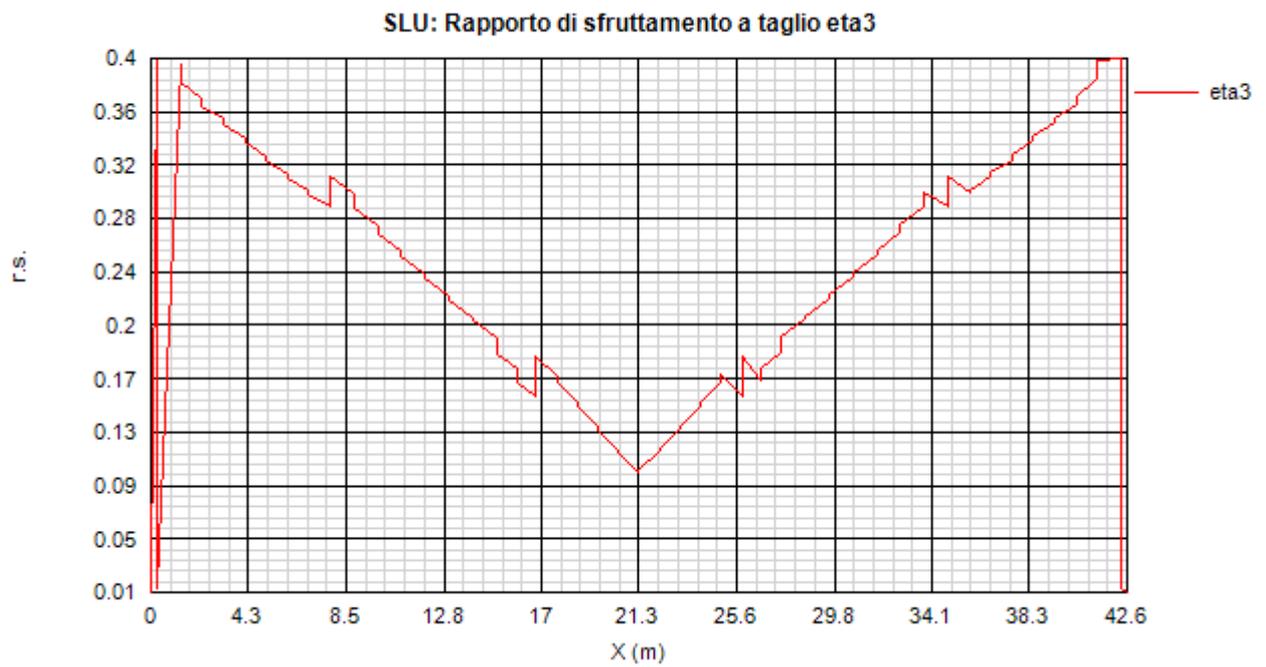
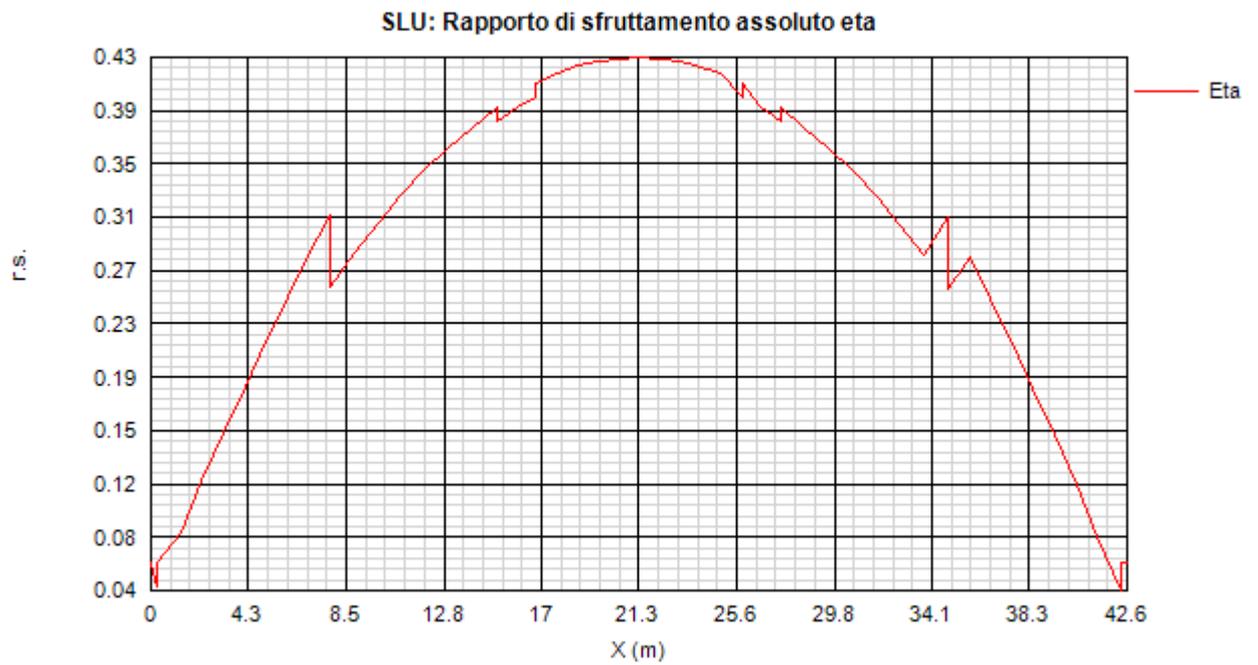
Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C2_96_11	Vmin	4	1	0.18	(.256)	0.11	0.28	0.121	No int.	0.015
C2_97_1	Mmax	4	1	0.13	(.187)	0.119	0.2	0.131	No int.	0.026
C2_97_1	Mmin	4	1	0.28	(.368)	0.27	0.43	0.294	No int.	0.158
C2_97_1	Vmax	4	1	0.27	(.356)	0.3	0.42	0.327	No int.	0.191
C2_97_1	Vmin	4	1	0.18	(.256)	0.11	0.28	0.121	No int.	0.015
C2_97_11	Mmax	4	1	0.12	(.171)	0.129	0.19	0.143	No int.	0.029
C2_97_11	Mmin	4	1	0.26	(.336)	0.283	0.4	0.308	No int.	0.161
C2_97_11	Vmax	4	1	0.24	(.321)	0.313	0.38	0.341	No int.	0.194
C2_97_11	Vmin	4	1	0.17	(.241)	0.119	0.26	0.131	No int.	0.017
C3_79_1	Mmax	4	1	0.18	(.271)	0.064	0.28	0.072	No int.	0.018
C3_79_1	Mmin	4	1	0.41	(.536)	0.109	0.62	0.118	No int.	0.041
C3_79_1	Vmax	4	1	0.31	(.415)	0.004	0.47	0.004	No int.	0.041
C3_79_1	Vmin	4	1	0.37	(.492)	0.182	0.56	0.199	No int.	0.104
C3_79_11	Mmax	4	1	0.19	(.276)	0.053	0.28	0.06	No int.	0.016
C3_79_11	Mmin	4	1	0.41	(.546)	0.122	0.63	0.132	No int.	0.062
C3_79_11	Vmax	4	1	0.31	(.415)	0.014	0.47	0.016	No int.	0.042
C3_79_11	Vmin	4	1	0.38	(.506)	0.168	0.58	0.183	No int.	0.101
C3_80_1	Mmax	4	1	0.19	(.276)	0.053	0.28	0.06	No int.	0.016
C3_80_1	Mmin	4	1	0.41	(.546)	0.085	0.63	0.092	No int.	0.031
C3_80_1	Vmax	4	1	0.32	(.423)	0.016	0.48	0.018	No int.	0.044
C3_80_1	Vmin	4	1	0.36	(.487)	0.163	0.55	0.178	No int.	0.098
C3_80_11	Mmax	4	1	0.19	(.281)	0.043	0.29	0.048	No int.	0.015
C3_80_11	Mmin	4	1	0.42	(.553)	0.098	0.64	0.106	No int.	0.052
C3_80_11	Vmax	4	1	0.31	(.422)	0.027	0.48	0.029	No int.	0.046
C3_80_11	Vmin	4	1	0.37	(.499)	0.149	0.57	0.162	No int.	0.096
C3_81_1	Mmax	4	1	0.19	(.281)	0.043	0.29	0.048	No int.	0.015
C3_81_1	Mmin	4	1	0.42	(.553)	0.061	0.64	0.065	No int.	0.02
C3_81_1	Vmax	4	1	0.32	(.426)	0.029	0.48	0.032	No int.	0.048
C3_81_1	Vmin	4	1	0.37	(.495)	0.146	0.56	0.159	No int.	0.093
C3_81_11	Mmax	4	1	0.19	(.284)	0.033	0.29	0.037	No int.	0.013
C3_81_11	Mmin	4	1	0.42	(.558)	0.074	0.64	0.08	No int.	0.041
C3_81_11	Vmax	4	1	0.32	(.424)	0.04	0.48	0.044	No int.	0.05
C3_81_11	Vmin	4	1	0.38	(.505)	0.131	0.57	0.143	No int.	0.091
C3_82_1	Mmax	4	1	0.19	(.284)	0.033	0.29	0.037	No int.	0.013
C3_82_1	Mmin	4	1	0.42	(.558)	0.034	0.64	0.037	No int.	0.008
C3_82_1	Vmax	4	1	0.34	(.452)	0.045	0.52	0.05	No int.	0.054
C3_82_1	Vmin	4	1	0.37	(.501)	0.129	0.57	0.141	No int.	0.089
C3_82_11	Mmax	4	1	0.19	(.287)	0.022	0.29	0.025	No int.	0.011
C3_82_11	Mmin	4	1	0.43	(.56)	0.019	0.64	0.021	No int.	0.006
C3_82_11	Vmax	4	1	0.34	(.448)	0.056	0.51	0.061	No int.	0.056
C3_82_11	Vmin	4	1	0.38	(.51)	0.115	0.58	0.125	No int.	0.087
C3_83_1	Mmax	4	1	0.19	(.287)	0.022	0.29	0.025	No int.	0.011
C3_83_1	Mmin	4	1	0.43	(.56)	0.029	0.64	0.031	No int.	0.035
C3_83_1	Vmax	4	1	0.35	(.46)	0.068	0.53	0.075	No int.	0.066
C3_83_1	Vmin	4	1	0.38	(.506)	0.114	0.57	0.124	No int.	0.086
C3_83_11	Mmax	4	1	0.19	(.288)	0.005	0.29	0.006	No int.	0.004
C3_83_11	Mmin	4	1	0.43	(.562)	0.02	0.65	0.021	No int.	0.016
C3_83_11	Vmax	4	1	0.38	(.501)	0.08	0.57	0.087	No int.	0.068
C3_83_11	Vmin	4	1	0.35	(.468)	0.099	0.53	0.109	No int.	0.084
C3_84_1	Mmax	4	1	0.19	(.288)	0.007	0.29	0.008	No int.	0.005
C3_84_1	Mmin	4	1	0.43	(.562)	0.021	0.65	0.022	No int.	0.017

Sezione	Comb	F1	F3	M_{Ed}/M_R	Sig_{Ed}/f_y	V_{Ed}/V_{Rd}	$M_{Ed}/M_{f,Rd}$	$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$	V/M/N	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C3_84_1	Vmax	4	1	0.37	(.496)	0.1	0.57	0.109	No int.	0.084
C3_84_1	Vmin	4	1	0.36	(.472)	0.079	0.54	0.086	No int.	0.068
C3_84_11	Mmax	4	1	0.19	(.286)	0.018	0.29	0.02	No int.	0.008
C3_84_11	Mmin	4	1	0.43	(.56)	0.028	0.64	0.03	No int.	0.034
C3_84_11	Vmax	4	1	0.4	(.531)	0.115	0.6	0.125	No int.	0.086
C3_84_11	Vmin	4	1	0.33	(.435)	0.067	0.5	0.074	No int.	0.066
C3_85_1	Mmax	4	1	0.19	(.286)	0.018	0.29	0.02	No int.	0.008
C3_85_1	Mmin	4	1	0.43	(.56)	0.02	0.64	0.022	No int.	0.006
C3_85_1	Vmax	4	1	0.4	(.535)	0.116	0.61	0.126	No int.	0.087
C3_85_1	Vmin	4	1	0.32	(.423)	0.055	0.48	0.061	No int.	0.055
C3_85_11	Mmax	4	1	0.19	(.284)	0.034	0.29	0.038	No int.	0.014
C3_85_11	Mmin	4	1	0.42	(.558)	0.035	0.64	0.038	No int.	0.008
C3_85_11	Vmax	4	1	0.39	(.526)	0.13	0.6	0.142	No int.	0.089
C3_85_11	Vmin	4	1	0.32	(.427)	0.044	0.49	0.049	No int.	0.053
C3_86_1	Mmax	4	1	0.19	(.284)	0.034	0.29	0.038	No int.	0.014
C3_86_1	Mmin	4	1	0.42	(.558)	0.075	0.64	0.081	No int.	0.042
C3_86_1	Vmax	4	1	0.4	(.53)	0.132	0.6	0.144	No int.	0.091
C3_86_1	Vmin	4	1	0.3	(.399)	0.039	0.45	0.043	No int.	0.049
C3_86_11	Mmax	4	1	0.19	(.281)	0.045	0.29	0.05	No int.	0.016
C3_86_11	Mmin	4	1	0.42	(.553)	0.061	0.64	0.066	No int.	0.021
C3_86_11	Vmax	4	1	0.39	(.52)	0.147	0.59	0.16	No int.	0.093
C3_86_11	Vmin	4	1	0.3	(.401)	0.028	0.45	0.031	No int.	0.047
C3_87_1	Mmax	4	1	0.19	(.281)	0.045	0.29	0.05	No int.	0.016
C3_87_1	Mmin	4	1	0.42	(.553)	0.099	0.64	0.107	No int.	0.052
C3_87_1	Vmax	4	1	0.39	(.524)	0.15	0.59	0.163	No int.	0.096
C3_87_1	Vmin	4	1	0.3	(.397)	0.026	0.45	0.029	No int.	0.045
C3_87_11	Mmax	4	1	0.19	(.276)	0.055	0.28	0.062	No int.	0.018
C3_87_11	Mmin	4	1	0.41	(.545)	0.086	0.63	0.093	No int.	0.032
C3_87_11	Vmax	4	1	0.38	(.512)	0.164	0.58	0.179	No int.	0.098
C3_87_11	Vmin	4	1	0.3	(.398)	0.015	0.45	0.017	No int.	0.043
C3_88_1	Mmax	4	1	0.19	(.276)	0.055	0.28	0.062	No int.	0.018
C3_88_1	Mmin	4	1	0.41	(.545)	0.123	0.63	0.133	No int.	0.062
C3_88_1	Vmax	4	1	0.4	(.531)	0.169	0.6	0.183	No int.	0.102
C3_88_1	Vmin	4	1	0.29	(.414)	0.013	0.44	0.015	No int.	0.042
C3_88_11	Mmax	4	1	0.18	(.271)	0.066	0.28	0.074	No int.	0.019
C3_88_11	Mmin	4	1	0.41	(.536)	0.11	0.62	0.119	No int.	0.042
C3_88_11	Vmax	4	1	0.39	(.517)	0.183	0.59	0.199	No int.	0.104
C3_88_11	Vmin	4	1	0.29	(.39)	0.003	0.44	0.003	No int.	0.04

Come si evince dai risultati, tutte le verifiche possono ritenersi ampiamente soddisfatte.

Per una più facile lettura di seguito si riportano gli stessi risultati in forma grafica.





Come si può osservare, tutte le verifiche sono pienamente soddisfatte.

5.3 S.L.E. - limitazione delle tensioni

5.3.1 Generalità

La verifica riguardante la limitazione delle tensioni in esercizio viene condotta con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione fondamentale S.L.E., applicando il coefficiente di materiale $\gamma_{m,ser} = 1.0$.

La verifica viene condotta in automatico dal programma Ponti EC4, che procede al calcolo del rapporto di sfruttamento dei vari componenti della sezione (acciaio, calcestruzzo ed armature) nelle condizioni Mmax/min e Vmax/min, per tutte le sezioni esaminate.

5.3.2 Report sintetico verifiche travi principali

La tabella seguente restituisce il riepilogo dei coefficienti di sfruttamento rilevati nelle sezioni di verifica delle travi principali per le varie condizioni esaminate.

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Mmax	0.121
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Mmin	0.136
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Vmax	0.104
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Vmin	0.166
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Mmin	0.166
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Vmax	0.1
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Vmin	0.161
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Mmin	0.161
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Vmax	0.1
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Vmin	0.158
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Mmin	0.152
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Vmax	0.096
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Vmin	0.154
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Mmin	0.147
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Vmax	0.096
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Vmin	0.152
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Mmin	0.162
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Vmax	0.105
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Vmin	0.16
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Mmin	0.16
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Vmax	0.105
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Vmin	0.159
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Mmax	0.123
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Mmin	0.19
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Vmax	0.123
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Vmin	0.189
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Mmax	0.123

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Mmin	0.188
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Vmax	0.123
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Vmin	0.189
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Mmax	0.141
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Mmin	0.22
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Vmax	0.142
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Vmin	0.22
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Mmax	0.141
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Mmin	0.219
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Vmax	0.142
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Vmin	0.22
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Mmax	0.159
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Mmin	0.24
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Vmax	0.16
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Vmin	0.24
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Mmax	0.159
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Mmin	0.24
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Vmax	0.16
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Vmin	0.235
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Mmax	0.177
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Mmin	0.268
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Vmax	0.178
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Vmin	0.263
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Mmax	0.177
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Mmin	0.268
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Vmax	0.178
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Vmin	0.26
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Mmax	0.194
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Mmin	0.295
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Vmax	0.194
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Vmin	0.288
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Mmax	0.192
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Mmin	0.293
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Vmax	0.286
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Vmin	0.192
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Mmax	0.175
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Mmin	0.266
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Vmax	0.259
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Vmin	0.175
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Mmax	0.175
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Mmin	0.266
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Vmax	0.262
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Vmin	0.175
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Mmax	0.158
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Mmin	0.238
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Vmax	0.234
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Vmin	0.158
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Mmax	0.158
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Mmin	0.239
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Vmax	0.239
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Vmin	0.158

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Mmax	0.139
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Mmin	0.217
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Vmax	0.218
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Vmin	0.139
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Mmax	0.139
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Mmin	0.218
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Vmax	0.218
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Vmin	0.139
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Mmax	0.121
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Mmin	0.186
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Vmax	0.187
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Vmin	0.121
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Mmax	0.121
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Mmin	0.187
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Vmax	0.187
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Vmin	0.121
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Mmin	0.157
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Vmax	0.157
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Vmin	0.103
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Mmin	0.159
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Vmax	0.158
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Vmin	0.103
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Mmin	0.148
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Vmax	0.152
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Vmin	0.097
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Mmin	0.153
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Vmax	0.155
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Vmin	0.097
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Mmin	0.162
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Vmax	0.159
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Vmin	0.1
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Mmin	0.167
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Vmax	0.162
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Vmin	0.1
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Mmax	0.122
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Mmin	0.136
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Vmax	0.166
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Vmin	0.105
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Mmax	0
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Mmin	0
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Vmax	0.005
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Vmin	0
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Mmax	0.006
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Mmin	0.001
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Vmax	0.006

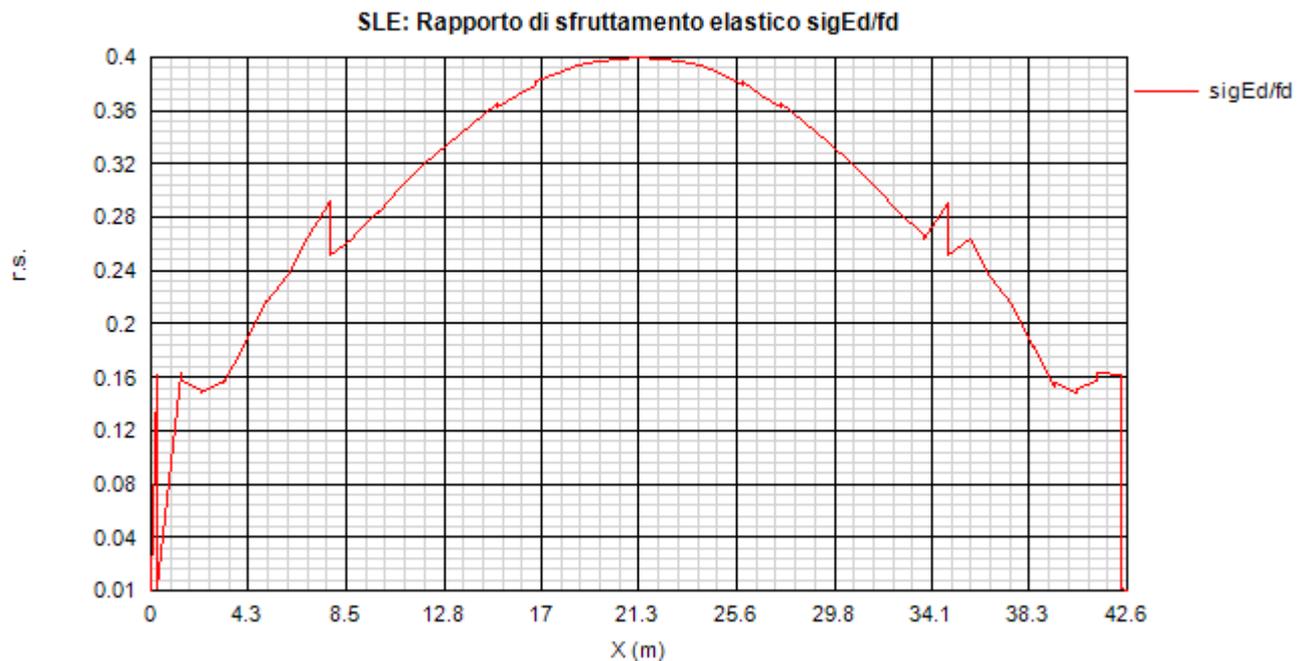
Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Vmin	0.001
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Mmax	0.006
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Mmin	0.001
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Vmax	0.001
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Vmin	0.006
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Mmax	0
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Mmin	0
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Vmax	0
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Vmin	0.005
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Mmax	0.165
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Mmin	0.247
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Vmax	0.211
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Vmin	0.255
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Mmax	0.178
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Mmin	0.267
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Vmax	0.225
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Vmin	0.262
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Mmax	0.178
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Mmin	0.265
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Vmax	0.225
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Vmin	0.27
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Mmax	0.19
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Mmin	0.287
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Vmax	0.238
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Vmin	0.274
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Mmax	0.19
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Mmin	0.286
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Vmax	0.238
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Vmin	0.286
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Mmax	0.203
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Mmin	0.305
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Vmax	0.25
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Vmin	0.288
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Mmax	0.203
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Mmin	0.305
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Vmax	0.25
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Vmin	0.284
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Mmax	0.214
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Mmin	0.323
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Vmax	0.261
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Vmin	0.304
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Mmax	0.214
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Mmin	0.323
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Vmax	0.261
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Vmin	0.302
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Mmax	0.224
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Mmin	0.339
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Vmax	0.27
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Vmin	0.321
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Mmax	0.224
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Mmin	0.339

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Vmax	0.296
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Vmin	0.319
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Mmax	0.233
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Mmin	0.353
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Vmax	0.303
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Vmin	0.336
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Mmax	0.233
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Mmin	0.353
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Vmax	0.311
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Vmin	0.334
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Mmax	0.241
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Mmin	0.368
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Vmax	0.317
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Vmin	0.35
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Mmax	0.241
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Mmin	0.365
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Vmax	0.343
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Vmin	0.336
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Mmax	0.247
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Mmin	0.374
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Vmax	0.346
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Vmin	0.347
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Mmax	0.247
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Mmin	0.374
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Vmax	0.346
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Vmin	0.343
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Mmax	0.252
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Mmin	0.381
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Vmax	0.348
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Vmin	0.353
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Mmax	0.252
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Mmin	0.381
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Vmax	0.372
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Vmin	0.349
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Mmax	0.247
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Mmin	0.373
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Vmax	0.362
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Vmin	0.347
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Mmax	0.247
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Mmin	0.373
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Vmax	0.366
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Vmin	0.347
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Mmax	0.24
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Mmin	0.364
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Vmax	0.355
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Vmin	0.345
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Mmax	0.241
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Mmin	0.367
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Vmax	0.35
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Vmin	0.329
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Mmax	0.233

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Mmin	0.353
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Vmax	0.334
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Vmin	0.322
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Mmax	0.233
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Mmin	0.353
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Vmax	0.336
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Vmin	0.302
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Mmax	0.223
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Mmin	0.338
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Vmax	0.318
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Vmin	0.294
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Mmax	0.223
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Mmin	0.338
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Vmax	0.321
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Vmin	0.269
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Mmax	0.213
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Mmin	0.322
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Vmax	0.302
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Vmin	0.259
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Mmax	0.213
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Mmin	0.322
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Vmax	0.304
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Vmin	0.259
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Mmax	0.201
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Mmin	0.304
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Vmax	0.284
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Vmin	0.248
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Mmax	0.201
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Mmin	0.304
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Vmax	0.288
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Vmin	0.248
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Mmax	0.189
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Mmin	0.285
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Vmax	0.286
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Vmin	0.236
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Mmax	0.189
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Mmin	0.286
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Vmax	0.274
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Vmin	0.236
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Mmax	0.177
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Mmin	0.264
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Vmax	0.269
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Vmin	0.223
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Mmax	0.177
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Mmin	0.266
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Vmax	0.261
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Vmin	0.223
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Mmax	0.164
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Mmin	0.246
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Vmax	0.254
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Vmin	0.209

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Mmax	0.253
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Mmin	0.384
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Vmax	0.379
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Vmin	0.353
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Mmax	0.257
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Mmin	0.391
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Vmax	0.379
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Vmin	0.362
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Mmax	0.257
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Mmin	0.391
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Vmax	0.359
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Vmin	0.349
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Mmax	0.261
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Mmin	0.396
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Vmax	0.359
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Vmin	0.358
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Mmax	0.261
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Mmin	0.396
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Vmax	0.362
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Vmin	0.355
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Mmax	0.264
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Mmin	0.4
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Vmax	0.361
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Vmin	0.362
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Mmax	0.264
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Mmin	0.4
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Vmax	0.381
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Vmin	0.359
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Mmax	0.266
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Mmin	0.401
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Vmax	0.379
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Vmin	0.366
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Mmax	0.266
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Mmin	0.401
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Vmax	0.387
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Vmin	0.363
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Mmax	0.267
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Mmin	0.402
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Vmax	0.383
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Vmin	0.368
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Mmax	0.267
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Mmin	0.402
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Vmax	0.388
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Vmin	0.363
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Mmax	0.266
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Mmin	0.401
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Vmax	0.383
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Vmin	0.367
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Mmax	0.266
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Mmin	0.401
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Vmax	0.386

Sezione	X (m)	Combinazione	Sig id / Sig amm
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Vmin	0.359
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Mmax	0.264
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Mmin	0.399
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Vmax	0.379
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Vmin	0.361
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Mmax	0.264
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Mmin	0.399
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Vmax	0.382
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Vmin	0.36
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Mmax	0.261
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Mmin	0.396
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Vmax	0.375
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Vmin	0.361
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Mmax	0.261
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Mmin	0.396
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Vmax	0.377
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Vmin	0.358
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Mmax	0.257
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Mmin	0.39
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Vmax	0.369
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Vmin	0.358
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Mmax	0.257
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Mmin	0.39
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Vmax	0.382
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Vmin	0.352
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Mmax	0.252
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Mmin	0.384
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Vmax	0.372
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Vmin	0.351



Come si può notare, le verifiche appaiono ampiamente soddisfatte.

5.4 S.L.E. - "web breathing"

5.4.1 Generalità

La verifica è volta alla limitazione della snellezza dei singoli sottopannelli. I criteri di verifica sono contenuti nelle istruzioni a NTC-08, cap. 4.2.4.1.3.4, che rimandano a EN 1993.2, cap. 7.4.

Tra i metodi proposti, si sceglie quello più rigoroso, comprendente la verifica diretta della stabilità dei sottopannelli, consistente nel confronto del quadro tensionale indotto dalla combinazione S.L.E. frequente, rappresentato da $\sigma_{x,Ed,ser}$ e $\tau_{xy,Ed,ser}$, con le tensioni normali e tangenziali critiche del pannello, mediante la relazione (cfr. 1993-2 cap. 7.4.(3)):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \tau_{xy,Ed,ser}}{k_{\tau} \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1$$

In cui:

$\sigma_E = 186200(t/h)^2$ tensione critica Euleriana

k_{σ}, k_{τ} = coefficienti di imbozzamento per tensioni normali e per taglio, funzione della geometria e stato di sforzo del pannello.

La verifica viene effettuata in automatico dal programma Ponti EC4, sulla base delle combinazioni S.L.E. frequenti elaborate per tutte le sezioni di verifica, rispettivamente per Mmax/min e Vmax/min.

La tensione normale critica viene valutata a partire da quella Euleriana, tenendo conto della eventuale sovrapposizione dei fenomeni di instabilità di piastra e di colonna tramite il coefficiente ξ , seguendo i criteri contenuti in EN 1993-1-5 - 4.5.4.(1).

5.4.2 Report sintetico per le travi principali

La tabella seguente riepiloga i coefficienti di sicurezza dedotti per la verifica Web Breathing di tutte le sezioni critiche delle travi principali.

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS freq., Mmax	0.232
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS freq., Mmin	0.271
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS freq., Vmax	0.217
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS freq., Vmin	0.295
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS freq., Mmax	0.210
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS freq., Mmin	0.295
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS freq., Vmax	0.208
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS freq., Vmin	0.286
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS freq., Mmax	0.210
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS freq., Mmin	0.288
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS freq., Vmax	0.208
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS freq., Vmin	0.282
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS freq., Mmax	0.210
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS freq., Mmin	0.271
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS freq., Vmax	0.199
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS freq., Vmin	0.273
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS freq., Mmax	0.210
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS freq., Mmin	0.264
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS freq., Vmax	0.199
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS freq., Vmin	0.271
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS freq., Mmax	0.200
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS freq., Mmin	0.261
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS freq., Vmax	0.190
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS freq., Vmin	0.264
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS freq., Mmax	0.200
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS freq., Mmin	0.253
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS freq., Vmax	0.190
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS freq., Vmin	0.263
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS freq., Mmax	0.192
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS freq., Mmin	0.255
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS freq., Vmax	0.183
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS freq., Vmin	0.261
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS freq., Mmax	0.192
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS freq., Mmin	0.248
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS freq., Vmax	0.183
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS freq., Vmin	0.260
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS freq., Mmax	0.182
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS freq., Mmin	0.261
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS freq., Vmax	0.178
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS freq., Vmin	0.265
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS freq., Mmax	0.182
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS freq., Mmin	0.258

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS freq., Vmax	0.178
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS freq., Vmin	0.264
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS freq., Mmax	0.179
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS freq., Mmin	0.274
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS freq., Vmax	0.178
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS freq., Vmin	0.274
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS freq., Mmax	0.179
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS freq., Mmin	0.273
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS freq., Vmax	0.178
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS freq., Vmin	0.272
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS freq., Mmax	0.183
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS freq., Mmin	0.289
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS freq., Vmax	0.182
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS freq., Vmin	0.287
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS freq., Mmax	0.183
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS freq., Mmin	0.288
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS freq., Vmax	0.182
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS freq., Vmin	0.285
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS freq., Mmax	0.190
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS freq., Mmin	0.318
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS freq., Vmax	0.189
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS freq., Vmin	0.314
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS freq., Mmax	0.191
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS freq., Mmin	0.321
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS freq., Vmax	0.317
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS freq., Vmin	0.191
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS freq., Mmax	0.184
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS freq., Mmin	0.290
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS freq., Vmax	0.287
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS freq., Vmin	0.184
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS freq., Mmax	0.184
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS freq., Mmin	0.291
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS freq., Vmax	0.289
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS freq., Vmin	0.184
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS freq., Mmax	0.180
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS freq., Mmin	0.275
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS freq., Vmax	0.273
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS freq., Vmin	0.180
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS freq., Mmax	0.180
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS freq., Mmin	0.276
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS freq., Vmax	0.276
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS freq., Vmin	0.180
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS freq., Mmax	0.181
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS freq., Mmin	0.259
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS freq., Vmax	0.265
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS freq., Vmin	0.180
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS freq., Mmax	0.181
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS freq., Mmin	0.263
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS freq., Vmax	0.266
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS freq., Vmin	0.180
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS freq., Mmax	0.188

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS freq., Mmin	0.252
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS freq., Vmax	0.261
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS freq., Vmin	0.184
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS freq., Mmax	0.188
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS freq., Mmin	0.258
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS freq., Vmax	0.263
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS freq., Vmin	0.184
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS freq., Mmax	0.201
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS freq., Mmin	0.255
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS freq., Vmax	0.264
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS freq., Vmin	0.192
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS freq., Mmax	0.201
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS freq., Mmin	0.262
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS freq., Vmax	0.265
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS freq., Vmin	0.192
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS freq., Mmax	0.211
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS freq., Mmin	0.265
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS freq., Vmax	0.272
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS freq., Vmin	0.200
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS freq., Mmax	0.211
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS freq., Mmin	0.273
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS freq., Vmax	0.275
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS freq., Vmin	0.200
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS freq., Mmax	0.210
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS freq., Mmin	0.289
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS freq., Vmax	0.283
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS freq., Vmin	0.209
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS freq., Mmax	0.210
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS freq., Mmin	0.297
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS freq., Vmax	0.287
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS freq., Vmin	0.209
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS freq., Mmax	0.233
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS freq., Mmin	0.272
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS freq., Vmax	0.297
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS freq., Vmin	0.218
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS freq., Mmax	0.000
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS freq., Mmin	0.000
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS freq., Vmax	0.008
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS freq., Vmin	0.000
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS freq., Mmax	0.011
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS freq., Mmin	0.003
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS freq., Vmax	0.011
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS freq., Vmin	0.003
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS freq., Mmax	0.011
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS freq., Mmin	0.003
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS freq., Vmax	0.003
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS freq., Vmin	0.011
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS freq., Mmax	0.000
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS freq., Mmin	0.000
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS freq., Vmax	0.000
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS freq., Vmin	0.008

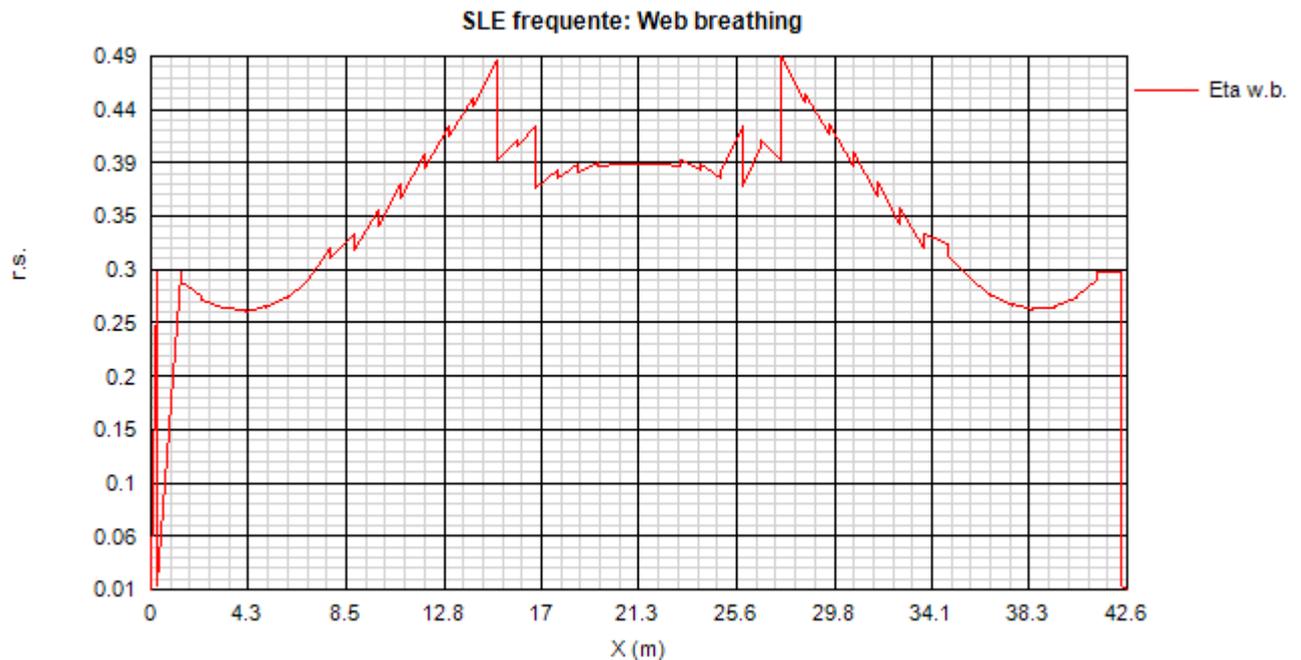
Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS freq., Mmax	0.195
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS freq., Mmin	0.297
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS freq., Vmax	0.204
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS freq., Vmin	0.309
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS freq., Mmax	0.188
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS freq., Mmin	0.321
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS freq., Vmax	0.206
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS freq., Vmin	0.330
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS freq., Mmax	0.188
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS freq., Mmin	0.304
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS freq., Vmax	0.206
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS freq., Vmin	0.316
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS freq., Mmax	0.185
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS freq., Mmin	0.352
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS freq., Vmax	0.213
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS freq., Vmin	0.339
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS freq., Mmax	0.185
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS freq., Mmin	0.337
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS freq., Vmax	0.213
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS freq., Vmin	0.330
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS freq., Mmax	0.186
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS freq., Mmin	0.376
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS freq., Vmax	0.222
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS freq., Vmin	0.357
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS freq., Mmax	0.186
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS freq., Mmin	0.363
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS freq., Vmax	0.222
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS freq., Vmin	0.352
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS freq., Mmax	0.191
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS freq., Mmin	0.402
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS freq., Vmax	0.246
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS freq., Vmin	0.382
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS freq., Mmax	0.191
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS freq., Mmin	0.391
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS freq., Vmax	0.246
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS freq., Vmin	0.379
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS freq., Mmax	0.198
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS freq., Mmin	0.428
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS freq., Vmax	0.262
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS freq., Vmin	0.410
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS freq., Mmax	0.198
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS freq., Mmin	0.418
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS freq., Vmax	0.306
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS freq., Vmin	0.407
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS freq., Mmax	0.207
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS freq., Mmin	0.454
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS freq., Vmax	0.324
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS freq., Vmin	0.438
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS freq., Mmax	0.207
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS freq., Mmin	0.447
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS freq., Vmax	0.335

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS freq., Vmin	0.435
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS freq., Mmax	0.229
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS freq., Mmin	0.489
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS freq., Vmax	0.351
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS freq., Vmin	0.465
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS freq., Mmax	0.164
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS freq., Mmin	0.397
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS freq., Vmax	0.317
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS freq., Vmin	0.360
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS freq., Mmax	0.168
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS freq., Mmin	0.415
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS freq., Vmax	0.324
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS freq., Vmin	0.379
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS freq., Mmax	0.168
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS freq., Mmin	0.410
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS freq., Vmax	0.324
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS freq., Vmin	0.371
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS freq., Mmax	0.172
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS freq., Mmin	0.428
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS freq., Vmax	0.331
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS freq., Vmin	0.388
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS freq., Mmax	0.172
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS freq., Mmin	0.429
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS freq., Vmax	0.389
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS freq., Vmin	0.329
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS freq., Mmax	0.168
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS freq., Mmin	0.410
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS freq., Vmax	0.372
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS freq., Vmin	0.323
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS freq., Mmax	0.168
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS freq., Mmin	0.415
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS freq., Vmax	0.381
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS freq., Vmin	0.323
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS freq., Mmax	0.164
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS freq., Mmin	0.398
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS freq., Vmax	0.362
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS freq., Vmin	0.315
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS freq., Mmax	0.232
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS freq., Mmin	0.492
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS freq., Vmax	0.468
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS freq., Vmin	0.385
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS freq., Mmax	0.219
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS freq., Mmin	0.449
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS freq., Vmax	0.437
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS freq., Vmin	0.368
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS freq., Mmax	0.219
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS freq., Mmin	0.457
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS freq., Vmax	0.440
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS freq., Vmin	0.326
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS freq., Mmax	0.200
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS freq., Mmin	0.421

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS freq., Vmax	0.409
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS freq., Vmin	0.308
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS freq., Mmax	0.200
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS freq., Mmin	0.431
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS freq., Vmax	0.412
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS freq., Vmin	0.264
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS freq., Mmax	0.192
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS freq., Mmin	0.393
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS freq., Vmax	0.380
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS freq., Vmin	0.247
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS freq., Mmax	0.192
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS freq., Mmin	0.404
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS freq., Vmax	0.384
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS freq., Vmin	0.247
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS freq., Mmax	0.187
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS freq., Mmin	0.365
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS freq., Vmax	0.354
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS freq., Vmin	0.224
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS freq., Mmax	0.187
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS freq., Mmin	0.378
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS freq., Vmax	0.359
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS freq., Vmin	0.224
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS freq., Mmax	0.186
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS freq., Mmin	0.339
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS freq., Vmax	0.332
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS freq., Vmin	0.214
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS freq., Mmax	0.186
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS freq., Mmin	0.354
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS freq., Vmax	0.340
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS freq., Vmin	0.214
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS freq., Mmax	0.189
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS freq., Mmin	0.306
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS freq., Vmax	0.317
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS freq., Vmin	0.208
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS freq., Mmax	0.189
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS freq., Mmin	0.323
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS freq., Vmax	0.331
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS freq., Vmin	0.208
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS freq., Mmax	0.196
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS freq., Mmin	0.298
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS freq., Vmax	0.310
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS freq., Vmin	0.205
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS freq., Mmax	0.160
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS freq., Mmin	0.372
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS freq., Vmax	0.264
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS freq., Vmin	0.352
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS freq., Mmax	0.157
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS freq., Mmin	0.388
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS freq., Vmax	0.284
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS freq., Vmin	0.361
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS freq., Mmax	0.157

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS freq., Mmin	0.380
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS freq., Vmax	0.290
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS freq., Vmin	0.339
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS freq., Mmax	0.155
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS freq., Mmin	0.393
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS freq., Vmax	0.292
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS freq., Vmin	0.346
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS freq., Mmax	0.155
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS freq., Mmin	0.387
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS freq., Vmax	0.295
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS freq., Vmin	0.343
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS freq., Mmax	0.153
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS freq., Mmin	0.396
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS freq., Vmax	0.295
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS freq., Vmin	0.350
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS freq., Mmax	0.153
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS freq., Mmin	0.391
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS freq., Vmax	0.335
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS freq., Vmin	0.346
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS freq., Mmax	0.152
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS freq., Mmin	0.394
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS freq., Vmax	0.334
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS freq., Vmin	0.352
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS freq., Mmax	0.152
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS freq., Mmin	0.394
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS freq., Vmax	0.348
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS freq., Vmin	0.349
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS freq., Mmax	0.151
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS freq., Mmin	0.394
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS freq., Vmax	0.346
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS freq., Vmin	0.354
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS freq., Mmax	0.152
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS freq., Mmin	0.394
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS freq., Vmax	0.353
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS freq., Vmin	0.347
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS freq., Mmax	0.152
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS freq., Mmin	0.395
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS freq., Vmax	0.349
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS freq., Vmin	0.350
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS freq., Mmax	0.152
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS freq., Mmin	0.395
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS freq., Vmax	0.352
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS freq., Vmin	0.335
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS freq., Mmax	0.154
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS freq., Mmin	0.392
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS freq., Vmax	0.346
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS freq., Vmin	0.336
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS freq., Mmax	0.154
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS freq., Mmin	0.397
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS freq., Vmax	0.350
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS freq., Vmin	0.296

Sezione	X (m)	Combinazione	Web breathing
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS freq., Mmax	0.156
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS freq., Mmin	0.387
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS freq., Vmax	0.343
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS freq., Vmin	0.295
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS freq., Mmax	0.156
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS freq., Mmin	0.394
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS freq., Vmax	0.346
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS freq., Vmin	0.292
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS freq., Mmax	0.158
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS freq., Mmin	0.381
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS freq., Vmax	0.339
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS freq., Vmin	0.290
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS freq., Mmax	0.158
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS freq., Mmin	0.389
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS freq., Vmax	0.361
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS freq., Vmin	0.284
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS freq., Mmax	0.161
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS freq., Mmin	0.373
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS freq., Vmax	0.352
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS freq., Vmin	0.281



Come testimoniato dalla presenza di coefficienti di sicurezza inferiori a 1.1, le verifiche appaiono in tutti i casi ampiamente soddisfatte.

5.5 FATICA: verifiche

5.5.1 Generalità

Le verifiche a fatica vengono effettuate con l'impiego del metodo dei coefficienti λ , associato all'impiego del veicolo a fatica FLM3 (cfr. istruzioni NTC-08, cap. 4.2.4.1.4.6.3., ovvero EN 1993-2 cap. 9).

In estrema sintesi, il metodo consente di valutare l'oscillazione di sforzo in un dato dettaglio strutturale sulla base del singolo transito di uno specifico modello di carico (FLM3), opportunamente calibrato mediante l'applicazione dei fattori equivalenti di danno, in modo da fornire il medesimo impatto del traffico reale.

Si ha pertanto:

$\Delta\sigma_p = | \sigma_{p,max} - \sigma_{p,min} |$ ampiezza escursione tensioni, valutata dalla combinazione di progetto a fatica (comp. non ciclica + comp. ciclica da FLM3).

$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Phi_2 \Delta\sigma_p$ ampiezza equivalente allo spettro di danneggiamento per 2E6 cicli

con:

$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ fattore equivalente di danno

Φ_2 fattore di amplificazione dinamica (impatto)

Verifica:

$$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}$$

In ottemperanza a quanto previsto dalle istruzioni e dal N.A.D., e nell'ottica del concetto "safe life", si pone:

$$\gamma_{Ff} = 1$$

$\gamma_{Mf} = 1.35$ alta conseguenza a seguito della rottura del dettaglio

$\gamma_{Mf} = 1.15$ bassa conseguenza a seguito della rottura del dettaglio

Il valore dei coefficienti $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ viene determinato secondo quanto previsto in EN 1993-2 cap. 9 e EN 1994-2 cap. 6.8.6.2 rispettivamente per i dettagli di carpenteria e per le piolature (in quest'ultimo caso i coefficienti λ verranno indicati con il pedice aggiuntivo "v").

Per l'individuazione delle caratteristiche distintive la tipologia di traffico ed il modello di carico, si fa riferimento a NTC-08, cap. 5, equivalente a EN 1991-2 cap. 4.6.

Con riferimento alla tabella seguente, tratta da NTC-08 cap. 5, o indifferentemente da EN 1991-2, cap. 4.6.1.(3), si assume, in mancanza di dettagli più puntuali, che la strada ospitata dalla struttura in esame sia di categoria 2 (media densità di traffico).

Table 4.5(n) - Indicative number of heavy vehicles expected per year and per slow lane

Traffic categories		N_{obs} per year and per slow lane
1	Roads and motorways with 2 or more lanes per direction with high flow rates of lorries	$2,0 \times 10^6$
2	Roads and motorways with medium flow rates of lorries	$0,5 \times 10^6$
3	Main roads with low flow rates of lorries	$0,125 \times 10^6$
4	Local roads with low flow rates of lorries	$0,05 \times 10^6$

coefficiente $\lambda_1 - \lambda_{v1}$

Il coefficiente λ_1 dipende dalla lunghezza e tipologia della linea di influenza.

Per la verifica dei dettagli di carpenteria (connettori esclusi), esso viene dedotto dai grafici di normativa in funzione della luce della campata e della posizione (zona di mezzeria oppure zona appoggi) in cui si trova la sezione in esame. Note tali informazioni, il coefficiente λ_1 viene automaticamente calcolato dal programma Ponti EC4.

coefficiente $\lambda_2 - \lambda_{v2}$

Il coefficiente λ_2 dipende dalla tipologia e dal volume di traffico.

Per l'assessment dei dettagli di carpenteria, si fa riferimento a EN 1993-2 cap. 9.5.2.(3). il coefficiente λ_2 viene determinato in funzione del flusso atteso di veicoli pesanti (N_{Obs}), e dal peso medio degli stessi Q_{m1} , tramite la relazione (*):

$$\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \left(\frac{N_{Obs}}{N_0} \right)^{1/5}$$

Con:

$N_{Obs} = 0.5e6$ flusso medio veicoli pesanti/anno (strada cat 2 - cfr. tab. precedente)

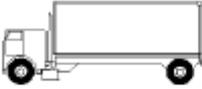
$N_0 = 0.5e6$ flusso di riferimento

Q_{m1} peso medio dei veicoli, dedotto secondo la composizione di traffico dei "frequent lorries" per strade di collegamento tipo "long distance" (ip. cautelativa), e valutato secondo la seguente relazione:

$$Q_{m1} = \left(\frac{\sum n_i Q_i^5}{\sum n_i} \right)^{1/5}$$

Per la i valori di Q_i e n_i si adotta la tabella 4.7 di EN 1991-2 cap. 4.6.5.(1), equivalente alla tabella contenuta in NTC-08 cap. 5, e di seguito riportata.

Table 4.7 - Set of equivalent lorries

VEHICLE TYPE			TRAFFIC TYPE			
1	2	3	4	5	6	7
			Long distance	Medium distance	Local traffic	
LORRY	Axle spacing (m)	Equivalent axle loads (kN)	Lorry percentage	Lorry percentage	Lorry percentage	Wheel type
	4,5	70 130	20,0	40,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90	50,0	30,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0	A B C C C

Si ottiene pertanto:

$$\lambda_2 = 0.928$$

Per la verifica dei connettori, si adotta quanto previsto in EN 1994-2 6.8.6.2.(4), sostituendo l'esponente 1/5 con 1/8 nelle relazioni precedentemente esposte.

Si ha pertanto:

$$\lambda_{v2} = 0.953$$

coefficiente $\lambda_3 - \lambda_{v3}$

Il coefficiente λ_3 dipende dalla vita di progetto della struttura.

Per i dettagli di carpenteria, con riferimento a EN 1993-2 cap. 9.5.2.(5), mediante la relazione:

$$\lambda_3 = \left(\frac{t_{Ld}}{100} \right)^{1/5}$$

t_{Ld} = vita di progetto prevista.

Si ottengono pertanto i valori tabellari indicati di seguito.

Table 9.2: λ_3

Design life in years	50	60	70	80	90	100	120
Factor λ_3	0,871	0,903	0,931	0,956	0,979	1,00	1,037

Per la vita di progetto si considera in prima battuta il valore raccomandato di 100 anni, ribadito anche dal N.A.D., ottenendo:

$$\lambda_3 = 1$$

Per la verifica dei connettori, la sostituzione dell'esponente 1/5 con 1/8 porta in questo caso al medesimo valore:

$$\lambda_{v3} = 1$$

coefficiente $\lambda_4 - \lambda_{v4}$

Il coefficiente λ_4 dipende dall'organizzazione delle corsie di carico in direzione trasversale, e dalla loro posizione relativa sulla linea di influenza trasversale di ciascuna trave.

La formulazione, tratta da EN 1993-2 cap. 9.5.3.(6), prevede:

$$\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \left(\frac{\eta_2 Q_{m2}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \frac{N_3}{N_1} \left(\frac{\eta_3 Q_{m3}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \left(\frac{\eta_k Q_{mk}}{\eta_1 Q_{m1}} \right)^5 \right]^{1/5}$$

Nel caso in esame (1 corsia lenta) si ha:

$$\lambda_4 = (1+(1)^5)^{(1/5)} \cong 1.0$$

coefficiente $\lambda - \lambda_v$

Il fattore equivalente di danno è limitato superiormente da fattore λ_{max} , da valutarsi secondo quanto previsto in EN 1993-2 cap. 9.5.2.(7). Tale fattore viene dedotto dai grafici di normativa in funzione della luce della campata e della posizione (zona di mezzera oppure zona appoggi) in cui si trova la sezione in esame. Note tali informazioni, il coefficiente λ_1 viene automaticamente calcolato dal programma Ponti EC4.

5.5.2 Amplificazione dinamica

Con riferimento a quanto previsto in EN 1991-2, il fattore di amplificazione dinamica è già incluso nella calibrazione del modello di carico FLM3.

5.5.3 Dettagli di riferimento

Per la verifica a fatica dei **dettagli di carpenteria**, si prendono in esame i dettagli di seguito elencati unitamente alla categoria/num. dettaglio dedotti dalle rispettive tabelle di EN 1993-1-9:

Piattabande sup/inf - tensioni normali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Anima - tensioni tangenziali	categoria/dettaglio:	125/5	tab. 8.1 EN 1993-1-9
Saldatura composizione anima-piatt.	categoria/dettaglio:	125/1	tab. 8.2 EN 1993-1-9
Saldatura di testa piatt inf. e sup.	categoria/dettaglio:	112/7(*)	tab. 8.3 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - piattabande	categoria/dettaglio:	80/6(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9
Attacco irr. vert. - anima	categoria/dettaglio:	80/7(**)	tab. 8.4 EN 1993-1-9

(*) si conteggia il size effect $k_s = (25/t)^{0.2}$

(**) $t < 50$ mm in tutti i casi

Per la verifica a fatica delle **piolature** dei traversi, infine, si seguono i criteri generali contenuti in EN 1994-2. Vengono presi in esame i seguenti dettagli (EN 1993-1-9- cap. 8.):

Saldatura piolo - rottura piatt.	categoria/dettaglio:	80/9	tab. 8.4 EN 1993-1-9
Saldatura piolo - rottura piolo	categoria/dettaglio:	90/10	

Il ciclo di verifica segue quanto previsto in EN 1994-2 cap. 6.8.7.2.(2), comprendendo la verifica separata per rottura del piolo e per rottura della piattabanda.

Per le piattabande in tensione si tiene conto dell'interazione dei due fenomeni, sfruttando la relazione:

$$\frac{\gamma_{FF} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{FF} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.3$$

$$\frac{\gamma_{FF} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} \leq 1.0 \quad \frac{\gamma_{FF} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,s}} \leq 1.0$$

Per tutti i dettagli, nell'ambito dell'approccio "safe life", si adotteranno i seguenti coefficienti di sicurezza:

$\gamma_{Mf} = 1.35$ per tutti i dettagli di carpenteria

$\gamma_{Mf} = 1.15$ per la rottura del piolo

5.5.4 Verifiche e coefficienti di sicurezza

Come accennato nei capitoli introdottivi, l'ampiezza dei $\Delta\sigma_p$ di tensione viene calcolata sulla base di σ_{max} e σ_{min} derivanti dalla combinazione di carico a fatica, elaborata con riferimento a EN 1992-1-1 cap. 6.8.3.(2), che prevede la sovrapposizione di una componente non ciclica delle sollecitazioni, derivata dalla combinazione S.L.E. frequente, con la componente ciclica, derivata dall'involuppo delle sollecitazioni dovute al transito del veicolo FLM3.

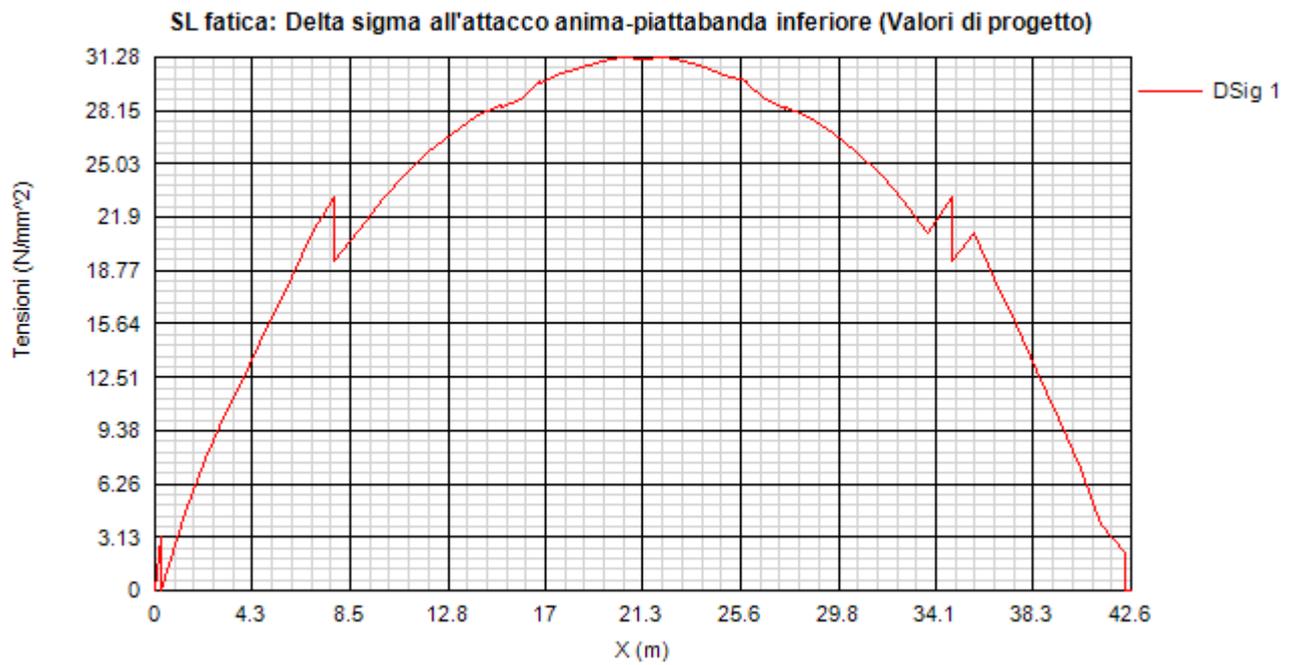
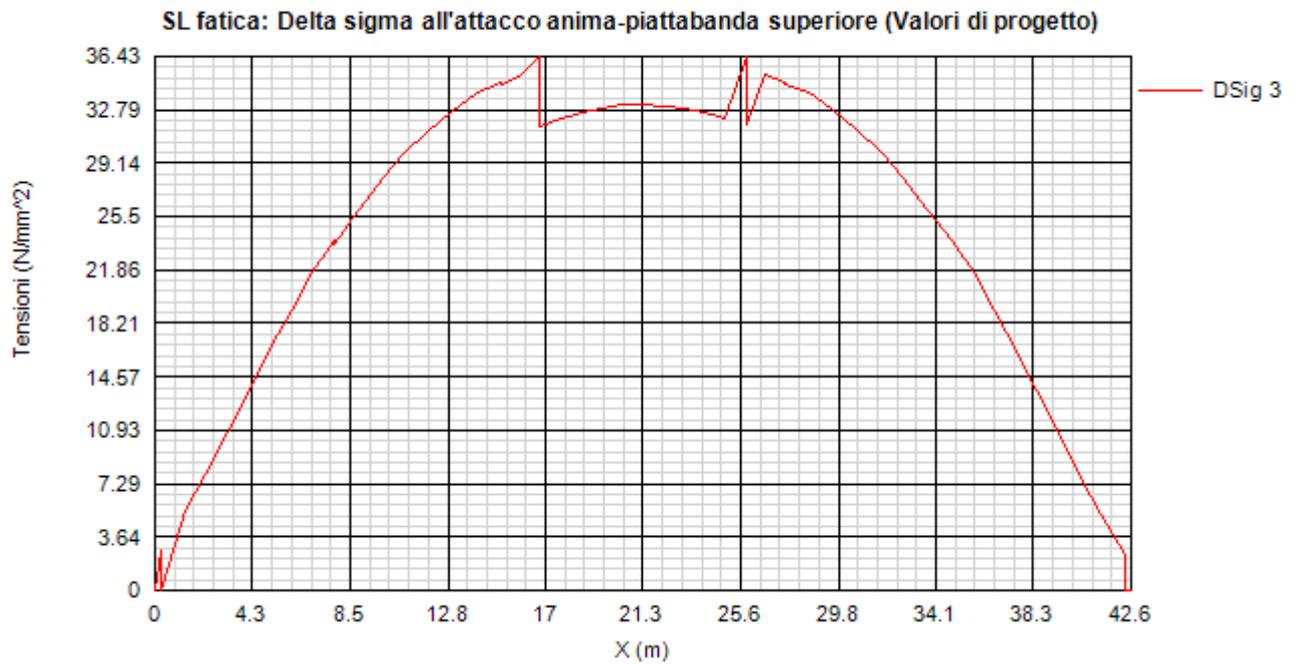
Le verifiche vengono effettuate in automatico dal programma Ponti EC4 per le categorie di dettaglio indicate al punto precedente.

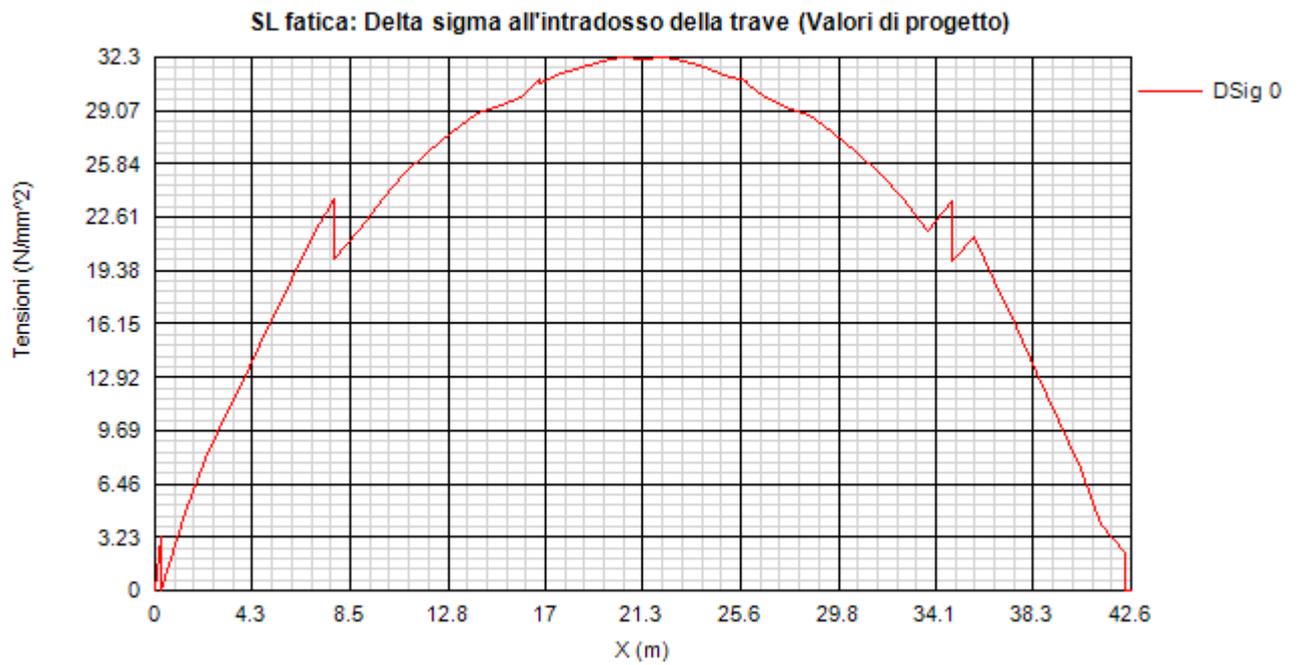
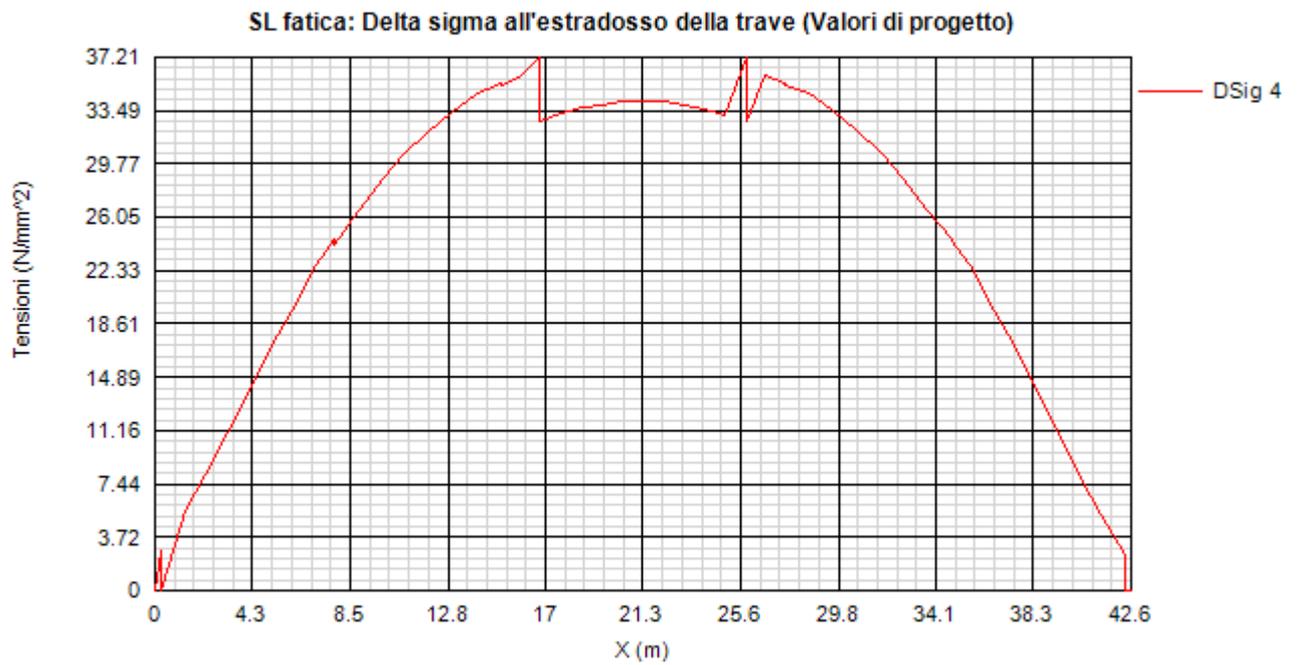
Sezione	Comb	Psup	Pinf	Web	Fltop- FI	Pinf-Pinf	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf
C1_64_1	Vmin	0.060	0.05	0.083	0.110	0.096	0.084	0.073	0.117	0.117	0.102
			2								
C1_64_11	Mmax	0.093	0.09	0.074	0.171	0.169	0.129	0.128	0.181	0.181	0.179
			2								
C1_64_11	Mmin	0.093	0.09	0.074	0.171	0.169	0.129	0.128	0.181	0.181	0.179
			2								
C1_64_11	Vmax	0.089	0.08	0.083	0.164	0.150	0.124	0.113	0.174	0.174	0.158
			1								
C1_64_11	Vmin	0.089	0.08	0.083	0.164	0.150	0.124	0.113	0.174	0.174	0.158
			1								
C1_65_1	Mmax	0.093	0.09	0.064	0.171	0.169	0.129	0.128	0.181	0.181	0.179
			2								
C1_65_1	Mmin	0.093	0.09	0.064	0.171	0.169	0.129	0.128	0.181	0.181	0.179
			2								
C1_65_1	Vmax	0.086	0.07	0.079	0.159	0.145	0.121	0.110	0.169	0.169	0.154
			9								
C1_65_1	Vmin	0.086	0.07	0.079	0.159	0.145	0.121	0.110	0.169	0.169	0.154
			9								
C1_65_11	Mmax	0.118	0.11	0.075	0.218	0.211	0.165	0.160	0.231	0.231	0.224
			4								
C1_65_11	Mmin	0.118	0.11	0.075	0.218	0.211	0.165	0.160	0.231	0.231	0.224
			4								
C1_65_11	Vmax	0.114	0.10	0.079	0.210	0.196	0.159	0.148	0.223	0.223	0.207
			6								
C1_65_11	Vmin	0.114	0.10	0.079	0.210	0.196	0.159	0.148	0.223	0.223	0.207
			6								
C1_66_1	Mmax	0.118	0.11	0.066	0.218	0.211	0.165	0.160	0.231	0.231	0.224
			4								
C1_66_1	Mmin	0.118	0.11	0.066	0.218	0.211	0.165	0.160	0.231	0.231	0.224
			4								
C1_66_1	Vmax	0.111	0.10	0.076	0.204	0.190	0.155	0.143	0.216	0.216	0.201
			3								
C1_66_1	Vmin	0.111	0.10	0.076	0.204	0.190	0.155	0.143	0.216	0.216	0.201
			3								
C1_66_11	Mmax	0.142	0.13	0.068	0.263	0.252	0.199	0.191	0.278	0.278	0.267
			7								
C1_66_11	Mmin	0.142	0.13	0.068	0.263	0.252	0.199	0.191	0.278	0.278	0.267
			7								
C1_66_11	Vmax	0.137	0.12	0.076	0.253	0.239	0.192	0.180	0.268	0.268	0.253
			9								
C1_66_11	Vmin	0.137	0.12	0.076	0.253	0.239	0.192	0.180	0.268	0.268	0.253
			9								
C1_67_1	Mmax	0.142	0.13	0.056	0.263	0.252	0.199	0.191	0.278	0.278	0.267
			7								
C1_67_1	Mmin	0.142	0.13	0.056	0.263	0.252	0.199	0.191	0.278	0.278	0.267
			7								
C1_67_1	Vmax	0.119	0.11	0.073	0.220	0.208	0.167	0.158	0.233	0.233	0.221
			3								
C1_67_1	Vmin	0.119	0.11	0.073	0.220	0.208	0.167	0.158	0.233	0.233	0.221
			3								
C1_67_11	Mmax	0.165	0.15	0.065	0.304	0.293	0.230	0.222	0.322	0.322	0.311
			9								
C1_67_11	Mmin	0.165	0.15	0.065	0.304	0.293	0.230	0.222	0.322	0.322	0.311
			9								
C1_67_11	Vmax	0.145	0.13	0.073	0.267	0.255	0.202	0.193	0.283	0.283	0.270

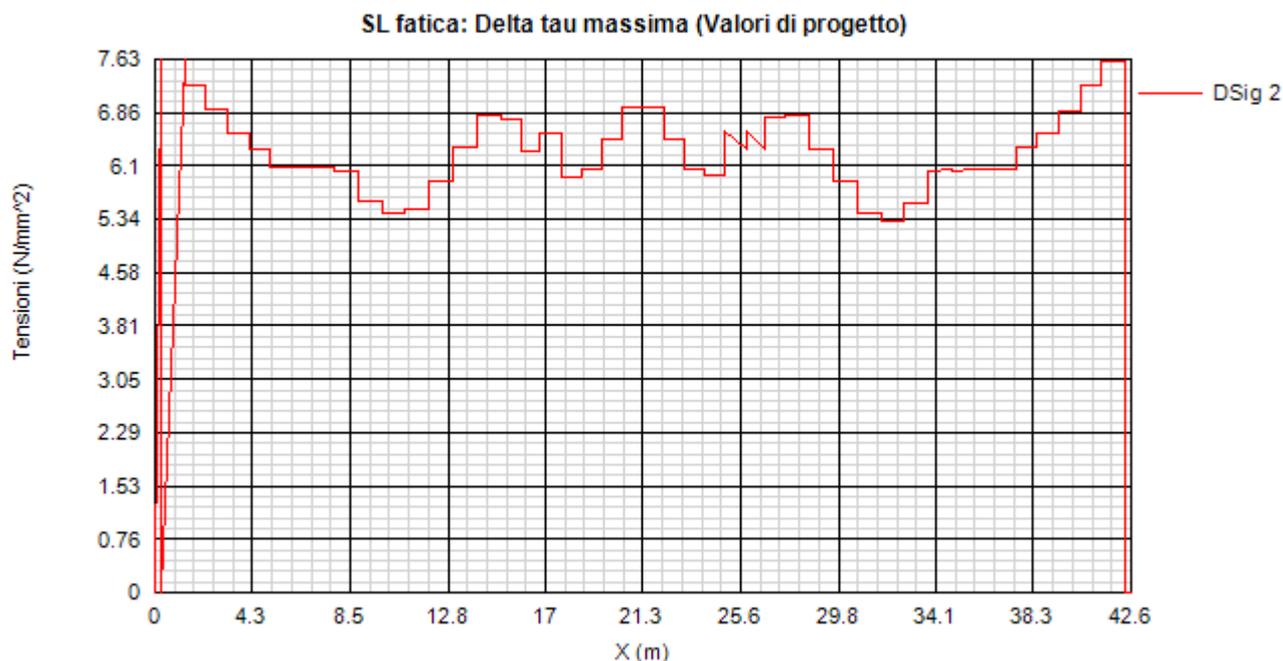
Sezione	Comb	Psup	Pinf	Web	Fltop- FI	Pinf-Pinf	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf
C1_67_11	Vmin	0.145	0.13	0.073	0.267	0.255	0.202	0.193	0.283	0.283	0.270
C1_68_1	Mmax	0.165	0.15	0.052	0.304	0.293	0.230	0.222	0.322	0.322	0.311
C1_68_1	Mmin	0.165	0.15	0.052	0.304	0.293	0.230	0.222	0.322	0.322	0.311
C1_68_1	Vmax	0.145	0.13	0.073	0.267	0.255	0.202	0.193	0.283	0.283	0.270
C1_68_1	Vmin	0.145	0.13	0.073	0.267	0.255	0.202	0.193	0.283	0.283	0.270
C1_68_11	Mmax	0.188	0.18	0.065	0.346	0.334	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_68_11	Mmin	0.188	0.18	0.065	0.346	0.334	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_68_11	Vmax	0.170	0.16	0.073	0.314	0.302	0.238	0.229	0.333	0.333	0.320
C1_68_11	Vmin	0.170	0.16	0.073	0.314	0.302	0.238	0.229	0.333	0.333	0.320
C1_69_1	Mmax	0.188	0.18	0.054	0.346	0.334	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_69_1	Mmin	0.188	0.18	0.054	0.346	0.334	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_69_1	Vmax	0.170	0.16	0.073	0.314	0.302	0.238	0.229	0.333	0.333	0.320
C1_69_1	Vmin	0.170	0.16	0.073	0.314	0.302	0.238	0.229	0.333	0.333	0.320
C1_69_11	Mmax	0.207	0.20	0.054	0.381	0.369	0.288	0.279	0.404	0.404	0.390
C1_69_11	Mmin	0.207	0.20	0.054	0.381	0.369	0.288	0.279	0.404	0.404	0.390
C1_69_11	Vmax	0.196	0.18	0.073	0.361	0.349	0.274	0.264	0.383	0.383	0.370
C1_69_11	Vmin	0.196	0.18	0.073	0.361	0.349	0.274	0.264	0.383	0.383	0.370
C1_98_1	Mmax	0.207	0.19	0.054	0.381	0.368	0.289	0.278	0.404	0.404	0.390
C1_98_1	Mmin	0.207	0.19	0.054	0.381	0.368	0.289	0.278	0.404	0.404	0.390
C1_98_1	Vmax	0.197	0.19	0.073	0.364	0.354	0.275	0.268	0.385	0.385	0.375
C1_98_1	Vmin	0.197	0.19	0.073	0.364	0.354	0.275	0.268	0.385	0.385	0.375
C1_98_11	Mmax	0.188	0.18	0.054	0.346	0.333	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_98_11	Mmin	0.188	0.18	0.054	0.346	0.333	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_98_11	Vmax	0.172	0.16	0.073	0.317	0.307	0.240	0.232	0.336	0.336	0.325
C1_98_11	Vmin	0.172	0.16	0.073	0.317	0.307	0.240	0.232	0.336	0.336	0.325
C1_99_1	Mmax	0.188	0.18	0.066	0.346	0.333	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353
C1_99_1	Mmin	0.188	0.18	0.066	0.346	0.333	0.262	0.252	0.367	0.367	0.353

Sezione	Comb	Psup	Pinf	Web	Fltop- FI	Pinf-Pinf	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf
C1_61_1	Mmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_61_1	Vmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_61_1	Vmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_61_11	Mmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_61_11	Mmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_61_11	Vmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_61_11	Vmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Mmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Mmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Vmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Vmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Mmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Mmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Vmax	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C1_106_1	Vmin	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0								
C2_70_1	Mmax	0.204	0.16	0.033	0.376	0.330	0.285	0.234	0.399	0.399	0.327
			9								
C2_70_1	Mmin	0.204	0.16	0.033	0.376	0.330	0.285	0.234	0.399	0.399	0.327
			9								
C2_70_1	Vmax	0.086	0.06	0.072	0.159	0.125	0.121	0.088	0.169	0.169	0.123
			4								
C2_70_1	Vmin	0.086	0.06	0.072	0.159	0.125	0.121	0.088	0.169	0.169	0.123
			4								
C2_70_11	Mmax	0.223	0.18	0.069	0.412	0.360	0.312	0.254	0.437	0.437	0.356
			4								
C2_70_11	Mmin	0.223	0.18	0.069	0.412	0.360	0.312	0.254	0.437	0.437	0.356
			4								
C2_70_11	Vmax	0.112	0.08	0.072	0.207	0.168	0.157	0.118	0.220	0.220	0.166
			6								
C2_70_11	Vmin	0.112	0.08	0.072	0.207	0.168	0.157	0.118	0.220	0.220	0.166
			6								
C2_71_1	Mmax	0.223	0.18	0.053	0.412	0.360	0.312	0.254	0.437	0.437	0.356
			4								
C2_71_1	Mmin	0.223	0.18	0.053	0.412	0.360	0.312	0.254	0.437	0.437	0.356
			4								
C2_71_1	Vmax	0.099	0.07	0.067	0.183	0.147	0.139	0.103	0.194	0.194	0.145
			5								
C2_71_1	Vmin	0.099	0.07	0.067	0.183	0.147	0.139	0.103	0.194	0.194	0.145
			5								
C2_71_11	Mmax	0.242	0.20	0.053	0.447	0.391	0.339	0.277	0.474	0.474	0.387

Sezione	Comb	Psup	Pinf	Web	Fltop- FI	Pinf-Pinf	Web-Psup	Web-Pinf	IrrV-Web	IrrV-Psup	IrrV-Pinf
C2_91_11	Vmin	0.045	0.04	0.082	0.083	0.079	0.063	0.056	0.088	0.088	0.078
C2_92_1	Mmax	0.292	0.24	0.031	0.539	0.474	0.409	0.335	0.572	0.572	0.469
C2_92_1	Mmin	0.292	0.24	0.031	0.539	0.474	0.409	0.335	0.572	0.572	0.469
C2_92_1	Vmax	0.060	0.05	0.076	0.110	0.102	0.083	0.072	0.117	0.117	0.101
C2_92_1	Vmin	0.060	0.05	0.076	0.110	0.102	0.083	0.072	0.117	0.117	0.101
C2_92_11	Mmax	0.282	0.23	0.020	0.520	0.457	0.395	0.323	0.552	0.552	0.452
C2_92_11	Mmin	0.282	0.23	0.020	0.520	0.457	0.395	0.323	0.552	0.552	0.452
C2_92_11	Vmax	0.032	0.02	0.076	0.059	0.057	0.045	0.040	0.063	0.063	0.056
C2_92_11	Vmin	0.032	0.02	0.076	0.059	0.057	0.045	0.040	0.063	0.063	0.056
C2_93_1	Mmax	0.282	0.23	0.036	0.520	0.457	0.395	0.323	0.552	0.552	0.452
C2_93_1	Mmin	0.282	0.23	0.036	0.520	0.457	0.395	0.323	0.552	0.552	0.452
C2_93_1	Vmax	0.047	0.04	0.070	0.088	0.081	0.066	0.057	0.093	0.093	0.080
C2_93_1	Vmin	0.047	0.04	0.070	0.088	0.081	0.066	0.057	0.093	0.093	0.080
C2_93_11	Mmax	0.271	0.22	0.024	0.499	0.437	0.378	0.309	0.530	0.530	0.433
C2_93_11	Mmin	0.271	0.22	0.024	0.499	0.437	0.378	0.309	0.530	0.530	0.433
C2_93_11	Vmax	0.022	0.02	0.070	0.041	0.039	0.031	0.028	0.043	0.043	0.039
C2_93_11	Vmin	0.022	0.02	0.070	0.041	0.039	0.031	0.028	0.043	0.043	0.039
C2_94_1	Mmax	0.271	0.22	0.041	0.499	0.437	0.378	0.309	0.530	0.530	0.433
C2_94_1	Mmin	0.271	0.22	0.041	0.499	0.437	0.378	0.309	0.530	0.530	0.433
C2_94_1	Vmax	0.038	0.03	0.065	0.069	0.064	0.052	0.045	0.073	0.073	0.063
C2_94_1	Vmin	0.038	0.03	0.065	0.069	0.064	0.052	0.045	0.073	0.073	0.063
C2_94_11	Mmax	0.257	0.21	0.029	0.474	0.415	0.360	0.293	0.504	0.504	0.410
C2_94_11	Mmin	0.257	0.21	0.029	0.474	0.415	0.360	0.293	0.504	0.504	0.410
C2_94_11	Vmax	0.014	0.01	0.065	0.026	0.025	0.020	0.018	0.028	0.028	0.025
C2_94_11	Vmin	0.014	0.01	0.065	0.026	0.025	0.020	0.018	0.028	0.028	0.025
C2_95_1	Mmax	0.257	0.21	0.047	0.474	0.415	0.360	0.293	0.504	0.504	0.410
C2_95_1	Mmin	0.257	0.21	0.047	0.474	0.415	0.360	0.293	0.504	0.504	0.410
C2_95_1	Vmax	0.076	0.06	0.064	0.140	0.121	0.106	0.086	0.148	0.148	0.120







Come si può notare, la sicurezza a fatica dei dettagli di carpenteria appare ovunque ampiamente soddisfatta.

5.6 Verifica connessione trave-soletta

5.6.1 Generalità

Le specifiche relative al detailing della connessione trasverso-soletta sono contenute in NTC-08, 4.3.4.1.2 e C.4.3.4. delle relative Istruzioni; per quanto riguarda i riferimenti Eurocodice, i cui contenuti sono perfettamente identici, si fa riferimento a EN 1994-1 e EN 1994-2. Le piolature adottate sono tutte a completo ripristino di resistenza.

Il ciclo di verifica delle piolature comprende i seguenti passi:

- Verifica tensioni S.L.U. (valido per sezioni con $\eta_1 \leq 1$)

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.U. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.U.:

$$v_{L,Ed}(x) = V_{Ed}(x) S/J$$

$$v_{L,Ed}^{ULS} \leq 1.1 N_i/I_i P_{Rd}$$

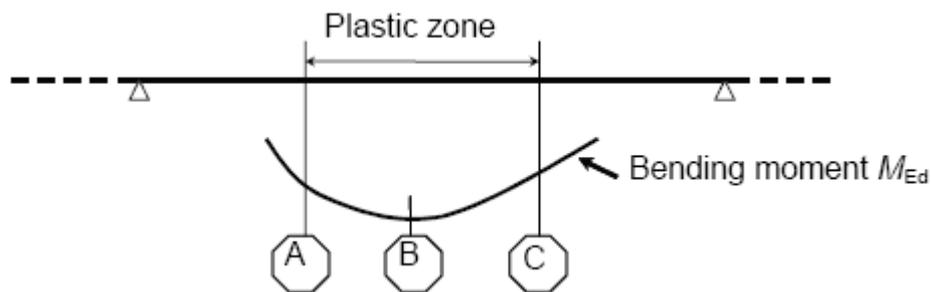
In cui S e J sono univocamente definite sulla base delle caratteristiche "uncracked"

Tale approccio risulta ovviamente valido solamente per le sezioni che non attingono alle proprie risorse extra elastiche ($\eta_1 \leq 1$). Per sezioni di classe 1-2, qualora il rapporto di sfruttamento elastico η_1 risulta maggiore di 1, non risulta più valido l'approccio di calcolo dello scorrimento ($v = VS/J$), ed è quindi necessario tenere conto in maniera non lineare della relazione tra azione tagliante V_e scorrimento v_L mediante l'approccio non lineare indicato al punto seguente.

- Verifica plastica S.L.U. (obbligatorio per sezioni con $\eta_1 > 1$)

Nelle zone plasticizzate (in generale a momento negativo) non risulta più valido l'approccio di calcolo dell'azione nei pioli basata sul flusso elastico: in questo caso, infatti, il legame fra il taglio per unità di lunghezza, le forze interne della soletta ed il momento flettente non è più lineare (EN 1994-2 cap. 6.6.2.2).

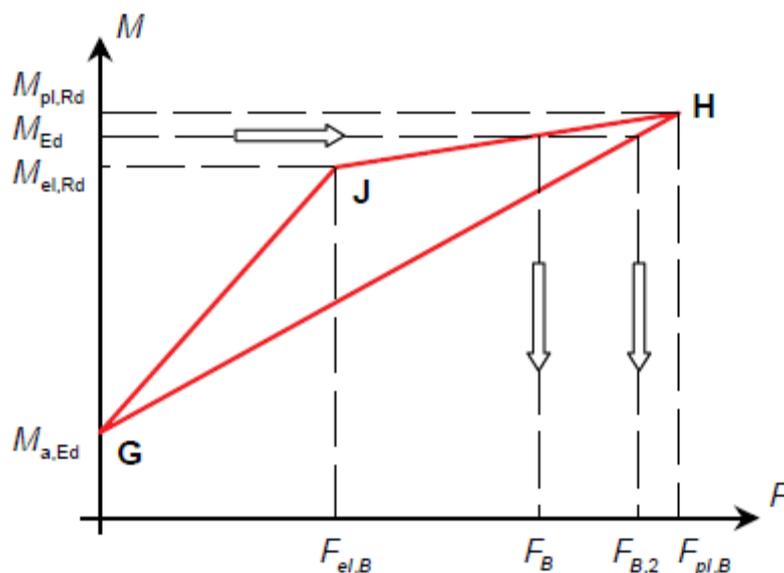
Il calcolo viene effettuato individuando, propedeuticamente, la regione entro la quale le sezioni attingono alle proprie risorse extra-elastiche. Tale regione (simmetrica nel caso in esame), è schematicamente rappresentata dai due punti di boundary A e C e dal punto di minimo momento (mezzeria) indicati nello schema seguente. I punti di boundary sono individuate dalle sezioni nelle quali la massima tensione è pari allo snervamento del materiale.



La verifica è di tipo "globale", e comprende la valutazione dello scorrimento in maniera diretta, mediante considerazioni di equilibrio del concio dei conci di soletta compresi tra la boundary ed il punto di minimo momento (concio di soletta compreso tra A e B e concio di soletta compreso tra B e C).

L'azione assiale insistente ai confini della zona plastica (punti A / B) è pari all'integrale delle tensioni rilevate lungo la soletta in calcestruzzo; a tale azione va aggiunta, per le verifiche nell'ambito della condizione "long term" l'effetto del ritiro primario.

L'azione assiale N_B è la risultante delle azioni in soletta, da valutarsi con riferimento all'effettivo stato, parzialmente "plastico" della sezione. Per il calcolo, si fa riferimento ai criteri di "non linear resistance to bending" contenuti in EN 1994-2 cap. 6.2.1.4.(6), con l'ausilio della costruzione riportata nel diagramma seguente, che riporta in un sistema d'assi M/N , i possibili stati della sezione di minimo momento flettente.



Si indica con:

$M_{a,Ed}$	momento flettente agente sulla sola trave metallica
$M_{el,Rd}$	momento flettente elastico
M_{Ed}	momento flettente di progetto
$M_{pl,Rd}$	momento plastico della sezione
$F_{el,B}$	azione assiale agente nella soletta, al raggiungimento del momento elastico (N_B)

Il diagramma è caratterizzato dai seguenti punti notevoli:

- G punto corrispondente al momento flettente della trave in fase 1
- H punto che individua il raggiungimento dello stato plastico della sezione, caratterizzato da $M_{pl,Rd}$ ed $F_{pl,B}$ (azione assiale plastica in soletta).
- J punto corrispondente allo yielding del prima fibra della sezione, caratterizzato da $M_{el,Rd}$ ed $F_{El,B}$ (risultante tensioni in soletta sotto l'azione di $M_{El,Rd}$).

Come si nota dal diagramma, l'effettiva azione assiale F_B insistente in soletta nel reale stato della sezione è rappresentato dalla linea verticale che interseca la retta JH all'ordinata corrispondente al momento di progetto M_{Ed} . In alternativa, operando in maniera semplificata, risulta possibile stabilire un limite superiore a N_B , intercettando direttamente la retta GH.

Si segue l'approccio "rigoroso" che, pur comportando la necessità di valutare $M_{el,Rd}$, comporta una stima più accurata di N_B .

Per il calcolo di $M_{el,Rd}$ ed $F_{el,B}$, viene valutato il fattore "k" (≤ 1) che, applicato al momento flettente agente sulla sezione composta $M_{c,Ed}$ (derivante da fase 2 e fase 3) comporta un quadro tensionale al limite di snervamento, e che implica pertanto l'espressione:

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k M_{c,ED}$$

Si avrà pertanto, con riferimento alle fibre estreme della sezione:

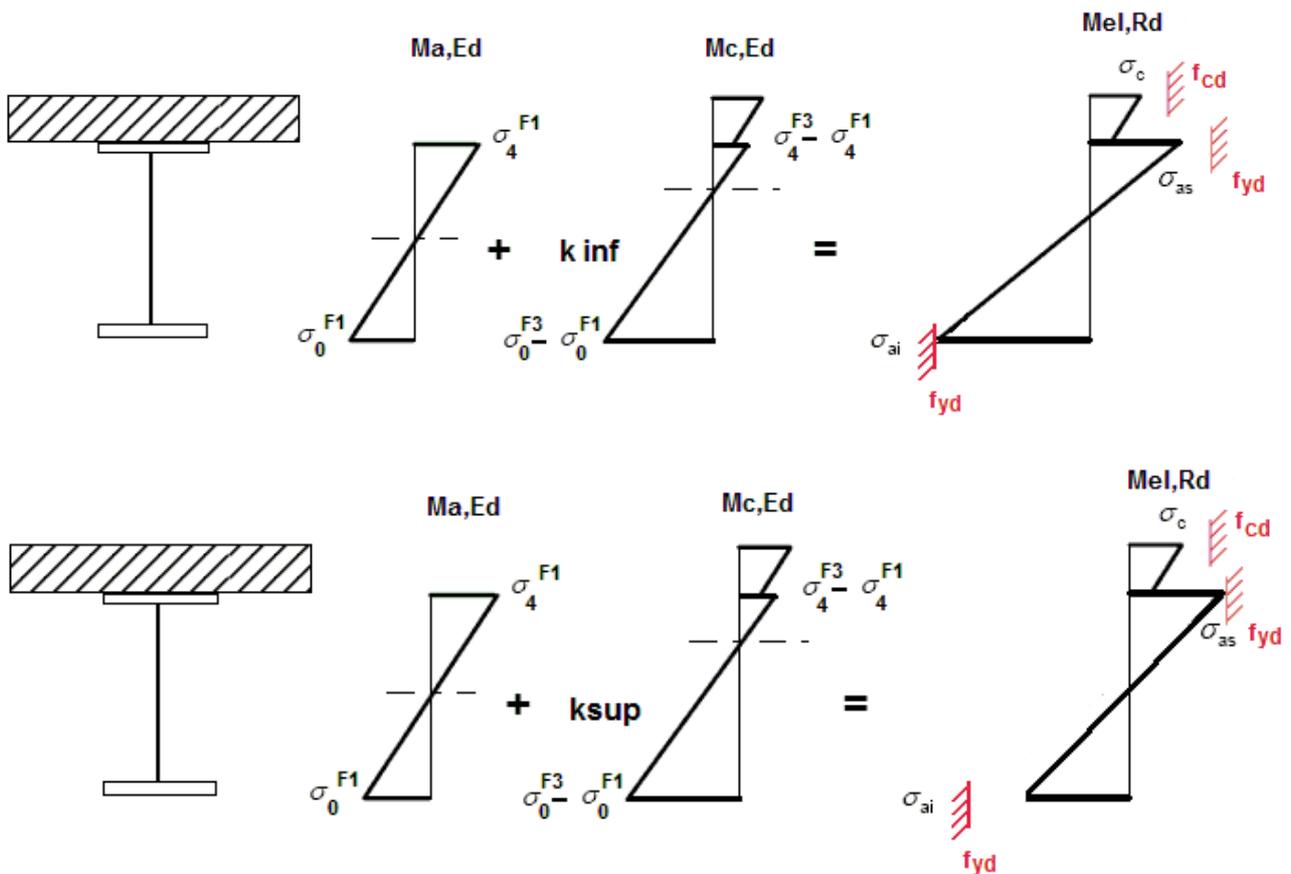
$$k = f_{yd} - \sigma_{if1} / \Delta\sigma_i$$

$i = 1$ o 4 (lombo inferiore/superiore trave metallica)

σ_{if1} = tensione alla fibra "i" della sezione in fase 1

$\Delta\sigma_i$ = variazione di tensione alla fibra "i" tra la fase 3 e la fase 1

Si utilizza uno dei due schemi di calcolo riportati nelle figure sottostanti, a seconda che la tensione di snervamento sia stata superata nella fibra inferiore oppure in quella superiore.



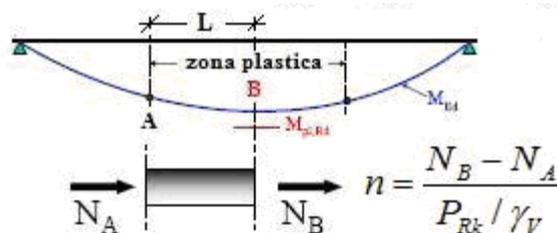
Quando la sezione è plasticizzata il coefficiente k risulta compreso fra 0 ed 1, e rappresenta il coefficiente moltiplicativo che riporta il diagramma di tensioni in fase 3 ad un diagramma al limite elastico.

Noto k è immediato valutare $M_{el,Ed}$ e la corrispondente azione assiale di soletta, tramite integrazione delle tensioni:

$$N_{el,Ed} = k \cdot (\sigma_5 + \sigma_8) / 2 \cdot A_{soletta}$$

Essendo σ_5 e σ_8 le tensioni normali nella soletta in fase 3, calcolate a partire da $M_{el,Ed}$.

Il numero di pioli necessario nella zona plastica è infine calcolabile, con riferimento allo schema ed alla formula seguente.



- Verifica tensioni S.L.E.

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.E. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni M_{max}/M_{min} , V_{max}/V_{min} , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.E..

Il criterio di confronto dello scorrimento con la portanza della piolatura è identico a quello visto per la verifica delle tensioni S.L.U. , con ovvia sostituzione delle grandezze.

$$v_{L,Ed}^{SLS}(x) \leq \frac{N_i}{l_i} \cdot \{k_s P_{Rd}\}$$

$$v_{L,Ed}^{SLS} \leq N_i / l_i k_s P_{Rd}$$

- Verifica concentrazione scorrimenti per effetto del ritiro nelle zone di estremità trave

L'ammontare delle azioni di scorrimento per ritiro nelle zone di coda verrà affidato per intero all'armatura di continuità.

5.6.2 Caratteristiche piolatura

Per la piolatura delle travi si adottano n. 4 pioli $\phi 19$ /trave con altezza massima pari a 180.0 mm.

5.6.3 Valutazione resistenza piolatura

Ai fini delle verifiche in condizioni S.L.E. e S.L.U., nell'ambito del calcolo dei contributi resistenti si valuta separatamente la rottura del piolo e la rottura del calcestruzzo che lo circonda, sulla base dei seguenti parametri:

$f_u = 450.0$ MPa	tensione ultima del gambo del piolo
$\gamma_v = 1.25$	coefficiente di sicurezza piolo
$f_{ck} = 35.0$ MPa	resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo
$E_{cm} = 34077$ MPa	modulo elastico secante del calcestruzzo

Inoltre, essendo $h/d = 200.0/19 = 10.53$, si ha:

$$\alpha = 1$$

Si ha pertanto (cfr. EN 1994-2, 6.6.3.1.(1)):

$$P_{rk,1} = 0.8 f_u \pi d^2/4 = 102.07 \text{ kN} \quad \text{rottura gambo}$$

$$P_{rk,2} = 0.29 \alpha d^2 (f_{ck} E_{cm})^{0.5} = 114.33 \text{ kN} \quad \text{rottura calcestruzzo}$$

Discende pertanto il valore di progetto della resistenza ultima, dal minimo dei valori riscontrati diviso per il coefficiente di sicurezza:

$$P_{rd} = 102.07/1.25 = 81.66 \text{ kN}$$

I valori di riferimento nell'ambito delle verifiche S.L.U. e S.L.E. sono pertanto i seguenti:

$$P_{rd,slu} = 81.66 \text{ kN}$$

Ponendo $k_s = 0.75$, conformemente a quanto previsto dal N.A.D. di EN 1994-2, si ha

$$P_{rd,sle} = 0.75 \times 81.66 = 61.25 \text{ kN}$$

Ai fini, invece, delle verifiche a fatica, la sicurezza viene verificata nei confronti della rottura del piolo (η_1), della rottura della piattabanda (η_2) e della rottura combinata (η_3).

5.6.4 Detailing

Per i limiti dimensionali da rispettare nel detailing delle piolature si fa riferimento ai contenuti di NTC-08 cap. 4.3.4.3.4/EN 1994-2 cap. 6.6.5.. Di seguito si evidenzia il riferimento specifico a quest'ultimo testo normativo, più puntuale.

Il massimo interasse longitudinale delle piolature dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_{\max}/t_f \leq 22 \varepsilon$$

$$e_{\max}/t_f \leq 22 \times 0.81 = 17.9$$

Essendo $t_{f\max} = 40$ mm, ne consegue:

$$e_{\max} = 716.0 \text{ mm}$$

La distanza delle file longitudinali di pioli dal bordo dovrà rispettare le seguenti limitazioni (EN1994-2 6.6.5.5(2)):

$$e_d/t_f \leq 9 \varepsilon$$

$$e_d/t_f \leq 9 \times 0.81 = 7.29$$

Pertanto:

$$e_{d,\max} = 7.29 \times 40 = 291.6 \text{ mm}$$

Inoltre:

$$e_{d,\min} = 25.0 \text{ mm} \quad (1994-2 \text{ 6.6.5.6(2)})$$

La minima distanza misurata tra la parte inferiore della testa del piolo e lo strato inferiore di armatura dovrà essere > 40 mm.

I pioli dovranno rispettare le seguenti limitazioni dimensionali:

$$h_p \geq 3d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(1)} \quad h_p = \text{altezza piolo}$$

$$d_t \geq 1.5d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad d_t = \text{diametro testa}$$

$$h_t \geq 0.4d \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(2)} \quad h_t = \text{altezza testa}$$

$$d_p \geq 1.5t_{\text{sup}} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo}, t_{\text{sup}} = \text{spessore flangia (*)}$$

(*) per piattabande in tensione, soggette a fatica

$$d_p \geq 2.5t_{\text{sup}} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(5)} \quad d_p = \text{diam. piolo}, t_{\text{sup}} = \text{spessore flangia (**)}$$

(**) per tutte le piattabande

$$d_p \geq 1.5t_{\text{sup}} \quad \text{EN 1994-2 6.6.5.7.(3)} \quad d_p = \text{diam. piolo}, t_{\text{sup}} = \text{spessore flangia}$$

L'interasse dei pioli dovrà rispettare le seguenti limitazioni dimensionali (EN1994-2 6.6.5.7.(4)):

$$s_{lg} \geq 5 d_p \quad \text{in direzione longitudinale}$$

$$s_{tv} \geq 2.5 d_p \quad \text{in direzione trasversale}$$

5.6.5 Report sintetico delle verifiche

Il calcolo dello scorrimento nelle varie sezioni di verifica viene effettuato in automatico dal programma PontiEC4 nell'ambito delle condizioni considerate (Mmax/min e Vmax/min).

Le tabelle seguenti riepilogano il calcolo dei massimi rapporti di sfruttamento "elastici" $v_{L,Ed} / N / i P_{rd}$ nelle sezioni critiche allo S.L.E..

Sezione	X (m)	Combinazione	$v_{Ed} / (k_{sn}PRd)$
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Mmax	0.15
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Mmin	0.201
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Vmax	0.08
TPacc-C1_62_1	0.300	SLS caratt., Vmin	0.317
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Mmax	0.099
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Mmin	0.328
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Vmax	0.077
TPacc-C1_62_11	1.300	SLS caratt., Vmin	0.314
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Mmax	0.099
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Mmin	0.31
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Vmax	0.077
TPacc-C1_63_1	1.300	SLS caratt., Vmin	0.303
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Mmin	0.292
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Vmax	0.074
TPacc-C1_63_11	2.229	SLS caratt., Vmin	0.3
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Mmax	0.104
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Mmin	0.273
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Vmax	0.074
TPacc-C1_64_1	2.229	SLS caratt., Vmin	0.292
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Mmax	0.097
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Mmin	0.279
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Vmax	0.071
TPacc-C1_64_11	3.157	SLS caratt., Vmin	0.289
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Mmax	0.097
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Mmin	0.26
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Vmax	0.071
TPacc-C1_65_1	3.157	SLS caratt., Vmin	0.284
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Mmax	0.09
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Mmin	0.265
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Vmax	0.068
TPacc-C1_65_11	4.086	SLS caratt., Vmin	0.281
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Mmax	0.09
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Mmin	0.245
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Vmax	0.068
TPacc-C1_66_1	4.086	SLS caratt., Vmin	0.275
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Mmax	0.075
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Mmin	0.262
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Vmax	0.065
TPacc-C1_66_11	5.014	SLS caratt., Vmin	0.272
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Mmax	0.075
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Mmin	0.25
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Vmax	0.065
TPacc-C1_67_1	5.014	SLS caratt., Vmin	0.267

Sezione	X (m)	Combinazione	vEd / (ksnPRd)
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Mmax	0.067
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Mmin	0.262
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Vmax	0.062
TPacc-C1_67_11	5.943	SLS caratt., Vmin	0.264
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Mmax	0.067
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Mmin	0.257
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Vmax	0.062
TPacc-C1_68_1	5.943	SLS caratt., Vmin	0.26
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Mmax	0.062
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Mmin	0.254
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Vmax	0.059
TPacc-C1_68_11	6.871	SLS caratt., Vmin	0.257
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Mmax	0.062
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Mmin	0.249
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Vmax	0.059
TPacc-C1_69_1	6.871	SLS caratt., Vmin	0.254
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Mmax	0.058
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Mmin	0.246
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Vmax	0.056
TPacc-C1_69_11	7.800	SLS caratt., Vmin	0.251
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Mmax	0.058
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Mmin	0.247
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Vmax	0.252
TPacc-C1_98_1	34.800	SLS caratt., Vmin	0.058
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Mmax	0.063
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Mmin	0.25
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Vmax	0.255
TPacc-C1_98_11	35.729	SLS caratt., Vmin	0.061
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Mmax	0.063
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Mmin	0.255
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Vmax	0.258
TPacc-C1_99_1	35.729	SLS caratt., Vmin	0.061
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Mmax	0.067
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Mmin	0.258
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Vmax	0.261
TPacc-C1_99_11	36.657	SLS caratt., Vmin	0.064
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Mmax	0.067
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Mmin	0.263
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Vmax	0.265
TPacc-C1_100_1	36.657	SLS caratt., Vmin	0.064
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Mmax	0.072
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Mmin	0.252
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Vmax	0.268
TPacc-C1_100_11	37.586	SLS caratt., Vmin	0.067
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Mmax	0.072
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Mmin	0.263
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Vmax	0.274
TPacc-C1_101_1	37.586	SLS caratt., Vmin	0.067
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Mmax	0.082
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Mmin	0.254
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Vmax	0.276

Sezione	X (m)	Combinazione	vEd / (ksnPRd)
TPacc-C1_101_11	38.514	SLS caratt., Vmin	0.07
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Mmax	0.082
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Mmin	0.269
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Vmax	0.282
TPacc-C1_102_1	38.514	SLS caratt., Vmin	0.07
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Mmax	0.097
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Mmin	0.262
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Vmax	0.285
TPacc-C1_102_11	39.443	SLS caratt., Vmin	0.073
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Mmax	0.097
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Mmin	0.281
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Vmax	0.29
TPacc-C1_103_1	39.443	SLS caratt., Vmin	0.073
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Mmax	0.105
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Mmin	0.276
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Vmax	0.293
TPacc-C1_103_11	40.371	SLS caratt., Vmin	0.076
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Mmax	0.105
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Mmin	0.295
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Vmax	0.301
TPacc-C1_104_1	40.371	SLS caratt., Vmin	0.076
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Mmax	0.096
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Mmin	0.312
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Vmax	0.304
TPacc-C1_104_11	41.300	SLS caratt., Vmin	0.079
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Mmax	0.096
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Mmin	0.331
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Vmax	0.315
TPacc-C1_105_1	41.300	SLS caratt., Vmin	0.079
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Mmax	0.151
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Mmin	0.203
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Vmax	0.318
TPacc-C1_105_11	42.300	SLS caratt., Vmin	0.082
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Mmax	0
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Mmin	0
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Vmax	0.018
TPacc-C1_61_1	0.000	SLS caratt., Vmin	0
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Mmax	0.019
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Mmin	0.001
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Vmax	0.019
TPacc-C1_61_11	0.300	SLS caratt., Vmin	0.001
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Mmax	0.019
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Mmin	0.001
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Vmax	0.001
TPacc-C1_106_1	42.300	SLS caratt., Vmin	0.019
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Mmax	0
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Mmin	0.001
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Vmax	0
TPacc-C1_106_11	42.600	SLS caratt., Vmin	0.018
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Mmax	0.042
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Mmin	0.177

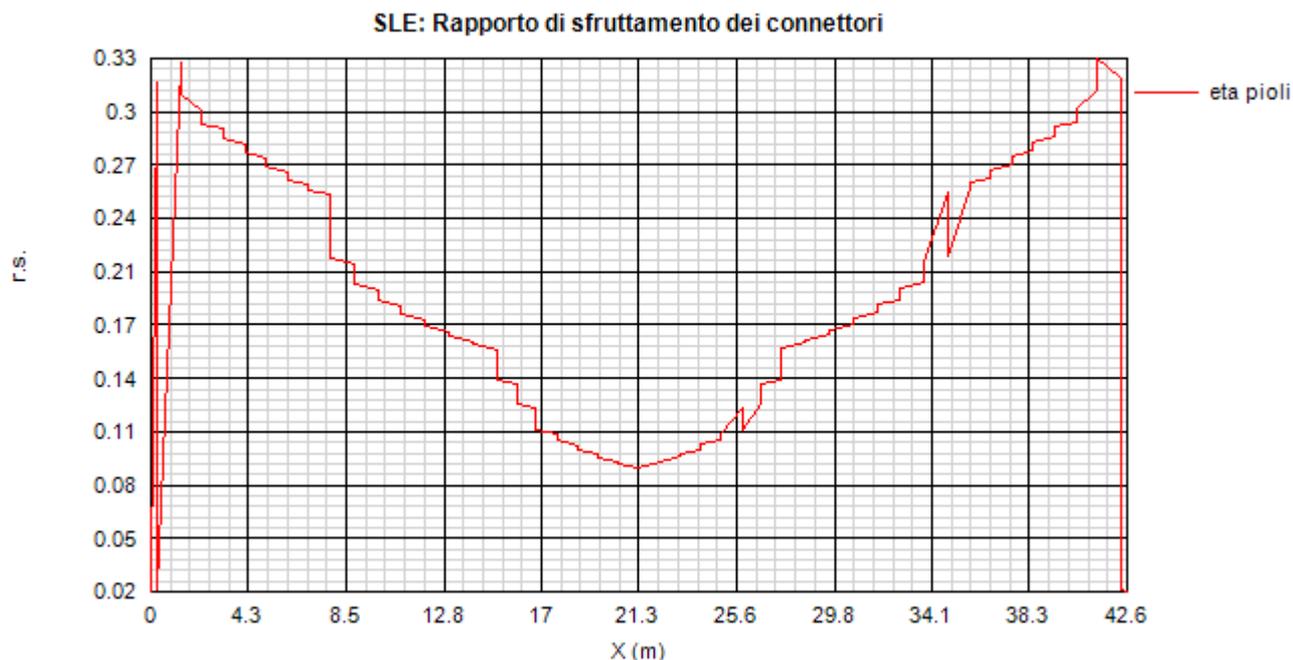
Sezione	X (m)	Combinazione	vEd / (ksnPRd)
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Vmax	0.029
TPacc-C2_70_1	7.800	SLS caratt., Vmin	0.213
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Mmax	0.039
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Mmin	0.174
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Vmax	0.026
TPacc-C2_70_11	8.843	SLS caratt., Vmin	0.21
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Mmax	0.039
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Mmin	0.135
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Vmax	0.026
TPacc-C2_71_1	8.843	SLS caratt., Vmin	0.198
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Mmax	0.035
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Mmin	0.179
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Vmax	0.023
TPacc-C2_71_11	9.886	SLS caratt., Vmin	0.195
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Mmax	0.035
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Mmin	0.14
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Vmax	0.023
TPacc-C2_72_1	9.886	SLS caratt., Vmin	0.188
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Mmax	0.032
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Mmin	0.162
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Vmax	0.02
TPacc-C2_72_11	10.929	SLS caratt., Vmin	0.185
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Mmax	0.032
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Mmin	0.121
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Vmax	0.02
TPacc-C2_73_1	10.929	SLS caratt., Vmin	0.181
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Mmax	0.027
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Mmin	0.145
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Vmax	0.016
TPacc-C2_73_11	11.971	SLS caratt., Vmin	0.177
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Mmax	0.027
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Mmin	0.103
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Vmax	0.016
TPacc-C2_74_1	11.971	SLS caratt., Vmin	0.174
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Mmax	0.024
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Mmin	0.128
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Vmax	0.013
TPacc-C2_74_11	13.014	SLS caratt., Vmin	0.171
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Mmax	0.024
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Mmin	0.084
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Vmax	0.009
TPacc-C2_75_1	13.014	SLS caratt., Vmin	0.168
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Mmax	0.021
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Mmin	0.131
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Vmax	0.006
TPacc-C2_75_11	14.057	SLS caratt., Vmin	0.165
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Mmax	0.021
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Mmin	0.095
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Vmax	0.002
TPacc-C2_76_1	14.057	SLS caratt., Vmin	0.163
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Mmax	0.018

Sezione	X (m)	Combinazione	vEd / (ksnPRd)
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Mmin	0.143
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Vmax	0.005
TPacc-C2_76_11	15.100	SLS caratt., Vmin	0.16
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Mmax	0.03
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Mmin	0.094
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Vmax	0.036
TPacc-C2_77_1	15.100	SLS caratt., Vmin	0.142
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Mmax	0.027
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Mmin	0.091
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Vmax	0.038
TPacc-C2_77_11	15.950	SLS caratt., Vmin	0.139
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Mmax	0.027
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Mmin	0.057
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Vmax	0.038
TPacc-C2_78_1	15.950	SLS caratt., Vmin	0.128
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Mmax	0.025
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Mmin	0.081
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Vmax	0.041
TPacc-C2_78_11	16.800	SLS caratt., Vmin	0.126
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Mmax	0.026
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Mmin	0.081
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Vmax	0.126
TPacc-C2_89_1	25.800	SLS caratt., Vmin	0.04
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Mmax	0.029
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Mmin	0.058
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Vmax	0.128
TPacc-C2_89_11	26.650	SLS caratt., Vmin	0.038
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Mmax	0.029
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Mmin	0.092
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Vmax	0.14
TPacc-C2_90_1	26.650	SLS caratt., Vmin	0.038
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Mmax	0.031
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Mmin	0.094
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Vmax	0.142
TPacc-C2_90_11	27.500	SLS caratt., Vmin	0.035
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Mmax	0.019
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Mmin	0.144
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Vmax	0.161
TPacc-C2_91_1	27.500	SLS caratt., Vmin	0.004
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Mmax	0.023
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Mmin	0.096
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Vmax	0.164
TPacc-C2_91_11	28.543	SLS caratt., Vmin	0
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Mmax	0.023
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Mmin	0.132
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Vmax	0.166
TPacc-C2_92_1	28.543	SLS caratt., Vmin	0.007
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Mmax	0.026
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Mmin	0.085
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Vmax	0.169
TPacc-C2_92_11	29.586	SLS caratt., Vmin	0.01

Sezione	X (m)	Combinazione	vEd / (ksnPRd)
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Mmax	0.026
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Mmin	0.129
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Vmax	0.172
TPacc-C2_93_1	29.586	SLS caratt., Vmin	0.015
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Mmax	0.029
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Mmin	0.104
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Vmax	0.175
TPacc-C2_93_11	30.629	SLS caratt., Vmin	0.018
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Mmax	0.029
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Mmin	0.146
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Vmax	0.178
TPacc-C2_94_1	30.629	SLS caratt., Vmin	0.018
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Mmax	0.032
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Mmin	0.122
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Vmax	0.182
TPacc-C2_94_11	31.671	SLS caratt., Vmin	0.021
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Mmax	0.032
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Mmin	0.163
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Vmax	0.186
TPacc-C2_95_1	31.671	SLS caratt., Vmin	0.021
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Mmax	0.036
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Mmin	0.141
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Vmax	0.19
TPacc-C2_95_11	32.714	SLS caratt., Vmin	0.024
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Mmax	0.036
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Mmin	0.18
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Vmax	0.196
TPacc-C2_96_1	32.714	SLS caratt., Vmin	0.024
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Mmax	0.04
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Mmin	0.136
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Vmax	0.199
TPacc-C2_96_11	33.757	SLS caratt., Vmin	0.027
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Mmax	0.04
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Mmin	0.175
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Vmax	0.211
TPacc-C2_97_1	33.757	SLS caratt., Vmin	0.027
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Mmax	0.043
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Mmin	0.178
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Vmax	0.214
TPacc-C2_97_11	34.800	SLS caratt., Vmin	0.031
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Mmax	0.023
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Mmin	0.045
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Vmax	0.041
TPacc-C3_79_1	16.800	SLS caratt., Vmin	0.113
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Mmax	0.021
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Mmin	0.067
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Vmax	0.043
TPacc-C3_79_11	17.700	SLS caratt., Vmin	0.111
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Mmax	0.021
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Mmin	0.034
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Vmax	0.045

Sezione	X (m)	Combinazione	vEd / (ksnPRd)
TPacc-C3_80_1	17.700	SLS caratt., Vmin	0.107
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Mmax	0.018
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Mmin	0.057
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Vmax	0.047
TPacc-C3_80_11	18.600	SLS caratt., Vmin	0.104
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Mmax	0.018
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Mmin	0.022
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Vmax	0.05
TPacc-C3_81_1	18.600	SLS caratt., Vmin	0.102
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Mmax	0.016
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Mmin	0.045
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Vmax	0.052
TPacc-C3_81_11	19.500	SLS caratt., Vmin	0.099
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Mmax	0.016
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Mmin	0.009
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Vmax	0.057
TPacc-C3_82_1	19.500	SLS caratt., Vmin	0.097
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Mmax	0.013
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Mmin	0.006
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Vmax	0.06
TPacc-C3_82_11	20.400	SLS caratt., Vmin	0.094
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Mmax	0.013
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Mmin	0.037
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Vmax	0.071
TPacc-C3_83_1	20.400	SLS caratt., Vmin	0.094
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Mmax	0.004
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Mmin	0.018
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Vmax	0.074
TPacc-C3_83_11	21.300	SLS caratt., Vmin	0.091
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Mmax	0.006
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Mmin	0.018
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Vmax	0.091
TPacc-C3_84_1	21.300	SLS caratt., Vmin	0.073
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Mmax	0.009
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Mmin	0.037
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Vmax	0.094
TPacc-C3_84_11	22.200	SLS caratt., Vmin	0.071
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Mmax	0.009
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Mmin	0.007
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Vmax	0.095
TPacc-C3_85_1	22.200	SLS caratt., Vmin	0.059
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Mmax	0.017
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Mmin	0.01
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Vmax	0.097
TPacc-C3_85_11	23.100	SLS caratt., Vmin	0.057
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Mmax	0.017
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Mmin	0.046
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Vmax	0.099
TPacc-C3_86_1	23.100	SLS caratt., Vmin	0.052
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Mmax	0.019
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Mmin	0.023

Sezione	X (m)	Combinazione	$v_{Ed} / (k_{sn}PR_d)$
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Vmax	0.102
TPacc-C3_86_11	24.000	SLS caratt., Vmin	0.049
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Mmax	0.019
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Mmin	0.057
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Vmax	0.104
TPacc-C3_87_1	24.000	SLS caratt., Vmin	0.047
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Mmax	0.022
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Mmin	0.035
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Vmax	0.107
TPacc-C3_87_11	24.900	SLS caratt., Vmin	0.044
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Mmax	0.022
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Mmin	0.068
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Vmax	0.111
TPacc-C3_88_1	24.900	SLS caratt., Vmin	0.043
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Mmax	0.025
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Mmin	0.046
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Vmax	0.113
TPacc-C3_88_11	25.800	SLS caratt., Vmin	0.04



Le tabelle seguenti riepilogano il calcolo dei massimi rapporti di sfruttamento "elastici" $v_{L,Ed} / N / i P_{rd}$ nelle sezioni critiche allo S.L.U..

Sezione	Comb	$v_{Ed} / (n \cdot PR_d)$
C1_62_1	Mmax	0.123
C1_62_1	Mmin	0.178
C1_62_1	Vmax	0.055
C1_62_1	Vmin	0.288
C1_62_11	Mmax	0.077
C1_62_11	Mmin	0.295
C1_62_11	Vmax	0.053

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C1_62_11	Vmin	0.285
C1_63_1	Mmax	0.077
C1_63_1	Mmin	0.278
C1_63_1	Vmax	0.053
C1_63_1	Vmin	0.274
C1_63_11	Mmax	0.08
C1_63_11	Mmin	0.265
C1_63_11	Vmax	0.051
C1_63_11	Vmin	0.272
C1_64_1	Mmax	0.08
C1_64_1	Mmin	0.247
C1_64_1	Vmax	0.051
C1_64_1	Vmin	0.265
C1_64_11	Mmax	0.074
C1_64_11	Mmin	0.253
C1_64_11	Vmax	0.049
C1_64_11	Vmin	0.262
C1_65_1	Mmax	0.074
C1_65_1	Mmin	0.235
C1_65_1	Vmax	0.049
C1_65_1	Vmin	0.257
C1_65_11	Mmax	0.068
C1_65_11	Mmin	0.239
C1_65_11	Vmax	0.047
C1_65_11	Vmin	0.254
C1_66_1	Mmax	0.068
C1_66_1	Mmin	0.221
C1_66_1	Vmax	0.047
C1_66_1	Vmin	0.249
C1_66_11	Mmax	0.054
C1_66_11	Mmin	0.237
C1_66_11	Vmax	0.045
C1_66_11	Vmin	0.246
C1_67_1	Mmax	0.054
C1_67_1	Mmin	0.226
C1_67_1	Vmax	0.045
C1_67_1	Vmin	0.241
C1_67_11	Mmax	0.048
C1_67_11	Mmin	0.237
C1_67_11	Vmax	0.043
C1_67_11	Vmin	0.239
C1_68_1	Mmax	0.048
C1_68_1	Mmin	0.232
C1_68_1	Vmax	0.043
C1_68_1	Vmin	0.235
C1_68_11	Mmax	0.044
C1_68_11	Mmin	0.229
C1_68_11	Vmax	0.041
C1_68_11	Vmin	0.232
C1_69_1	Mmax	0.044
C1_69_1	Mmin	0.225

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C1_69_1	Vmax	0.041
C1_69_1	Vmin	0.229
C1_69_11	Mmax	0.042
C1_69_11	Mmin	0.222
C1_69_11	Vmax	0.039
C1_69_11	Vmin	0.227
C1_98_1	Mmax	0.041
C1_98_1	Mmin	0.223
C1_98_1	Vmax	0.228
C1_98_1	Vmin	0.041
C1_98_11	Mmax	0.045
C1_98_11	Mmin	0.226
C1_98_11	Vmax	0.23
C1_98_11	Vmin	0.043
C1_99_1	Mmax	0.045
C1_99_1	Mmin	0.23
C1_99_1	Vmax	0.233
C1_99_1	Vmin	0.043
C1_99_11	Mmax	0.048
C1_99_11	Mmin	0.233
C1_99_11	Vmax	0.236
C1_99_11	Vmin	0.045
C1_100_1	Mmax	0.048
C1_100_1	Mmin	0.238
C1_100_1	Vmax	0.24
C1_100_1	Vmin	0.045
C1_100_11	Mmax	0.051
C1_100_11	Mmin	0.227
C1_100_11	Vmax	0.242
C1_100_11	Vmin	0.047
C1_101_1	Mmax	0.051
C1_101_1	Mmin	0.238
C1_101_1	Vmax	0.247
C1_101_1	Vmin	0.047
C1_101_11	Mmax	0.06
C1_101_11	Mmin	0.23
C1_101_11	Vmax	0.25
C1_101_11	Vmin	0.049
C1_102_1	Mmax	0.06
C1_102_1	Mmin	0.243
C1_102_1	Vmax	0.255
C1_102_1	Vmin	0.049
C1_102_11	Mmax	0.074
C1_102_11	Mmin	0.237
C1_102_11	Vmax	0.258
C1_102_11	Vmin	0.051
C1_103_1	Mmax	0.074
C1_103_1	Mmin	0.255
C1_103_1	Vmax	0.263
C1_103_1	Vmin	0.051
C1_103_11	Mmax	0.08

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C1_103_11	Mmin	0.25
C1_103_11	Vmax	0.265
C1_103_11	Vmin	0.053
C1_104_1	Mmax	0.08
C1_104_1	Mmin	0.267
C1_104_1	Vmax	0.273
C1_104_1	Vmin	0.053
C1_104_11	Mmax	0.074
C1_104_11	Mmin	0.28
C1_104_11	Vmax	0.275
C1_104_11	Vmin	0.055
C1_105_1	Mmax	0.074
C1_105_1	Mmin	0.297
C1_105_1	Vmax	0.286
C1_105_1	Vmin	0.055
C1_105_11	Mmax	0.124
C1_105_11	Mmin	0.18
C1_105_11	Vmax	0.289
C1_105_11	Vmin	0.057
C1_61_1	Mmax	0
C1_61_1	Mmin	0
C1_61_1	Vmax	0.017
C1_61_1	Vmin	0
C1_61_11	Mmax	0.018
C1_61_11	Mmin	0.001
C1_61_11	Vmax	0.018
C1_61_11	Vmin	0.001
C1_106_1	Mmax	0.018
C1_106_1	Mmin	0.001
C1_106_1	Vmax	0.001
C1_106_1	Vmin	0.018
C1_106_11	Mmax	0
C1_106_11	Mmin	0.001
C1_106_11	Vmax	0
C1_106_11	Vmin	0.017
C2_70_1	Mmax	0.028
C2_70_1	Mmin	0.16
C2_70_1	Vmax	0.016
C2_70_1	Vmin	0.193
C2_70_11	Mmax	0.026
C2_70_11	Mmin	0.157
C2_70_11	Vmax	0.014
C2_70_11	Vmin	0.19
C2_71_1	Mmax	0.026
C2_71_1	Mmin	0.121
C2_71_1	Vmax	0.014
C2_71_1	Vmin	0.179
C2_71_11	Mmax	0.023
C2_71_11	Mmin	0.161
C2_71_11	Vmax	0.012
C2_71_11	Vmin	0.176

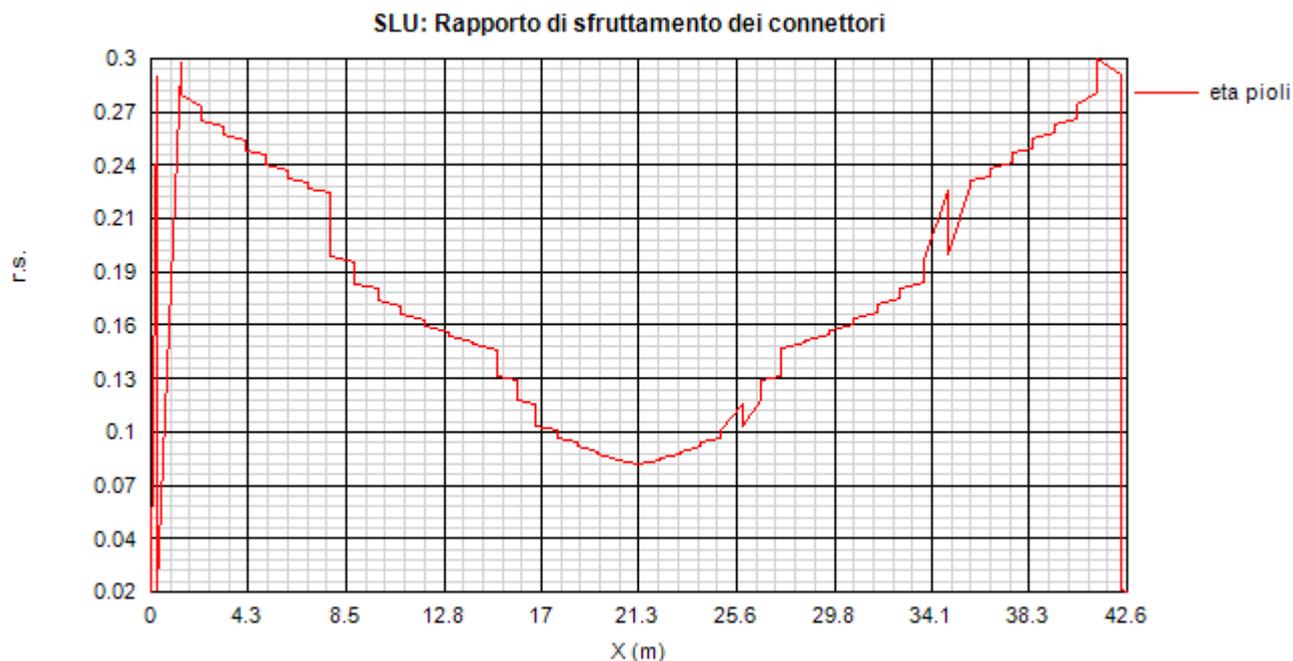
Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n \cdot PRd)$
C2_72_1	Mmax	0.023
C2_72_1	Mmin	0.126
C2_72_1	Vmax	0.012
C2_72_1	Vmin	0.17
C2_72_11	Mmax	0.021
C2_72_11	Mmin	0.146
C2_72_11	Vmax	0.01
C2_72_11	Vmin	0.167
C2_73_1	Mmax	0.021
C2_73_1	Mmin	0.108
C2_73_1	Vmax	0.01
C2_73_1	Vmin	0.163
C2_73_11	Mmax	0.018
C2_73_11	Mmin	0.13
C2_73_11	Vmax	0.007
C2_73_11	Vmin	0.16
C2_74_1	Mmax	0.018
C2_74_1	Mmin	0.091
C2_74_1	Vmax	0.007
C2_74_1	Vmin	0.157
C2_74_11	Mmax	0.015
C2_74_11	Mmin	0.115
C2_74_11	Vmax	0.005
C2_74_11	Vmin	0.154
C2_75_1	Mmax	0.015
C2_75_1	Mmin	0.074
C2_75_1	Vmax	0.001
C2_75_1	Vmin	0.151
C2_75_11	Mmax	0.013
C2_75_11	Mmin	0.117
C2_75_11	Vmax	0.001
C2_75_11	Vmin	0.148
C2_76_1	Mmax	0.013
C2_76_1	Mmin	0.084
C2_76_1	Vmax	0.008
C2_76_1	Vmin	0.147
C2_76_11	Mmax	0.011
C2_76_11	Mmin	0.128
C2_76_11	Vmax	0.01
C2_76_11	Vmin	0.144
C2_77_1	Mmax	0.023
C2_77_1	Mmin	0.086
C2_77_1	Vmax	0.037
C2_77_1	Vmin	0.13
C2_77_11	Mmax	0.021
C2_77_11	Mmin	0.084
C2_77_11	Vmax	0.039
C2_77_11	Vmin	0.128
C2_78_1	Mmax	0.021
C2_78_1	Mmin	0.052
C2_78_1	Vmax	0.039

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n \cdot PRd)$
C2_78_1	Vmin	0.118
C2_78_11	Mmax	0.019
C2_78_11	Mmin	0.074
C2_78_11	Vmax	0.041
C2_78_11	Vmin	0.115
C2_89_1	Mmax	0.02
C2_89_1	Mmin	0.074
C2_89_1	Vmax	0.115
C2_89_1	Vmin	0.041
C2_89_11	Mmax	0.022
C2_89_11	Mmin	0.053
C2_89_11	Vmax	0.118
C2_89_11	Vmin	0.039
C2_90_1	Mmax	0.022
C2_90_1	Mmin	0.084
C2_90_1	Vmax	0.128
C2_90_1	Vmin	0.039
C2_90_11	Mmax	0.024
C2_90_11	Mmin	0.086
C2_90_11	Vmax	0.13
C2_90_11	Vmin	0.037
C2_91_1	Mmax	0.012
C2_91_1	Mmin	0.129
C2_91_1	Vmax	0.145
C2_91_1	Vmin	0.009
C2_91_11	Mmax	0.015
C2_91_11	Mmin	0.085
C2_91_11	Vmax	0.148
C2_91_11	Vmin	0.007
C2_92_1	Mmax	0.015
C2_92_1	Mmin	0.118
C2_92_1	Vmax	0.149
C2_92_1	Vmin	0
C2_92_11	Mmax	0.017
C2_92_11	Mmin	0.075
C2_92_11	Vmax	0.152
C2_92_11	Vmin	0.003
C2_93_1	Mmax	0.017
C2_93_1	Mmin	0.116
C2_93_1	Vmax	0.155
C2_93_1	Vmin	0.006
C2_93_11	Mmax	0.019
C2_93_11	Mmin	0.092
C2_93_11	Vmax	0.158
C2_93_11	Vmin	0.009
C2_94_1	Mmax	0.019
C2_94_1	Mmin	0.131
C2_94_1	Vmax	0.161
C2_94_1	Vmin	0.009
C2_94_11	Mmax	0.021
C2_94_11	Mmin	0.109

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C2_94_11	Vmax	0.164
C2_94_11	Vmin	0.011
C2_95_1	Mmax	0.021
C2_95_1	Mmin	0.146
C2_95_1	Vmax	0.168
C2_95_1	Vmin	0.011
C2_95_11	Mmax	0.023
C2_95_11	Mmin	0.127
C2_95_11	Vmax	0.171
C2_95_11	Vmin	0.013
C2_96_1	Mmax	0.023
C2_96_1	Mmin	0.162
C2_96_1	Vmax	0.177
C2_96_1	Vmin	0.013
C2_96_11	Mmax	0.026
C2_96_11	Mmin	0.122
C2_96_11	Vmax	0.18
C2_96_11	Vmin	0.015
C2_97_1	Mmax	0.026
C2_97_1	Mmin	0.158
C2_97_1	Vmax	0.191
C2_97_1	Vmin	0.015
C2_97_11	Mmax	0.029
C2_97_11	Mmin	0.161
C2_97_11	Vmax	0.194
C2_97_11	Vmin	0.017
C3_79_1	Mmax	0.018
C3_79_1	Mmin	0.041
C3_79_1	Vmax	0.041
C3_79_1	Vmin	0.104
C3_79_11	Mmax	0.016
C3_79_11	Mmin	0.062
C3_79_11	Vmax	0.042
C3_79_11	Vmin	0.101
C3_80_1	Mmax	0.016
C3_80_1	Mmin	0.031
C3_80_1	Vmax	0.044
C3_80_1	Vmin	0.098
C3_80_11	Mmax	0.015
C3_80_11	Mmin	0.052
C3_80_11	Vmax	0.046
C3_80_11	Vmin	0.096
C3_81_1	Mmax	0.015
C3_81_1	Mmin	0.02
C3_81_1	Vmax	0.048
C3_81_1	Vmin	0.093
C3_81_11	Mmax	0.013
C3_81_11	Mmin	0.041
C3_81_11	Vmax	0.05
C3_81_11	Vmin	0.091
C3_82_1	Mmax	0.013

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n*PRd)$
C3_82_1	Mmin	0.008
C3_82_1	Vmax	0.054
C3_82_1	Vmin	0.089
C3_82_11	Mmax	0.011
C3_82_11	Mmin	0.006
C3_82_11	Vmax	0.056
C3_82_11	Vmin	0.087
C3_83_1	Mmax	0.011
C3_83_1	Mmin	0.035
C3_83_1	Vmax	0.066
C3_83_1	Vmin	0.086
C3_83_11	Mmax	0.004
C3_83_11	Mmin	0.016
C3_83_11	Vmax	0.068
C3_83_11	Vmin	0.084
C3_84_1	Mmax	0.005
C3_84_1	Mmin	0.017
C3_84_1	Vmax	0.084
C3_84_1	Vmin	0.068
C3_84_11	Mmax	0.008
C3_84_11	Mmin	0.034
C3_84_11	Vmax	0.086
C3_84_11	Vmin	0.066
C3_85_1	Mmax	0.008
C3_85_1	Mmin	0.006
C3_85_1	Vmax	0.087
C3_85_1	Vmin	0.055
C3_85_11	Mmax	0.014
C3_85_11	Mmin	0.008
C3_85_11	Vmax	0.089
C3_85_11	Vmin	0.053
C3_86_1	Mmax	0.014
C3_86_1	Mmin	0.042
C3_86_1	Vmax	0.091
C3_86_1	Vmin	0.049
C3_86_11	Mmax	0.016
C3_86_11	Mmin	0.021
C3_86_11	Vmax	0.093
C3_86_11	Vmin	0.047
C3_87_1	Mmax	0.016
C3_87_1	Mmin	0.052
C3_87_1	Vmax	0.096
C3_87_1	Vmin	0.045
C3_87_11	Mmax	0.018
C3_87_11	Mmin	0.032
C3_87_11	Vmax	0.098
C3_87_11	Vmin	0.043
C3_88_1	Mmax	0.018
C3_88_1	Mmin	0.062
C3_88_1	Vmax	0.102
C3_88_1	Vmin	0.042

Sezione	Comb	$v_{Ed}/(n \cdot PRd)$
C3_88_11	Mmax	0.019
C3_88_11	Mmin	0.042
C3_88_11	Vmax	0.104
C3_88_11	Vmin	0.04



Come si può notare, la sicurezza della piolatura allo SLE e allo SLU appare ovunque soddisfatta.

Le tabelle seguenti riepilogano invece i coefficienti di sicurezza a fatica nei confronti della rottura del piolo (η_1), della rottura della piattabanda (η_2) e della rottura combinata (η_3).

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C1_62_1	Mmax	0.047	0.047	0.073
C1_62_1	Mmin	0.047	0.047	0.073
C1_62_1	Vmax	0.224	0.003	0.175
C1_62_1	Vmin	0.224	0.003	0.175
C1_62_11	Mmax	0.16	0.094	0.195
C1_62_11	Mmin	0.16	0.094	0.195
C1_62_11	Vmax	0.224	0.066	0.223
C1_62_11	Vmin	0.224	0.066	0.223
C1_63_1	Mmax	0.133	0.094	0.174
C1_63_1	Mmin	0.133	0.094	0.174
C1_63_1	Vmax	0.214	0.063	0.213
C1_63_1	Vmin	0.214	0.063	0.213
C1_63_11	Mmax	0.192	0.136	0.252
C1_63_11	Mmin	0.192	0.136	0.252
C1_63_11	Vmax	0.214	0.124	0.26
C1_63_11	Vmin	0.214	0.124	0.26
C1_64_1	Mmax	0.166	0.136	0.232
C1_64_1	Mmin	0.166	0.136	0.232

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C1_64_1	Vmax	0.203	0.12	0.249
C1_64_1	Vmin	0.203	0.12	0.249
C1_64_11	Mmax	0.182	0.185	0.283
C1_64_11	Mmin	0.182	0.185	0.283
C1_64_11	Vmax	0.203	0.178	0.293
C1_64_11	Vmin	0.203	0.178	0.293
C1_65_1	Mmax	0.158	0.185	0.264
C1_65_1	Mmin	0.158	0.185	0.264
C1_65_1	Vmax	0.193	0.173	0.282
C1_65_1	Vmin	0.193	0.173	0.282
C1_65_11	Mmax	0.183	0.236	0.323
C1_65_11	Mmin	0.183	0.236	0.323
C1_65_11	Vmax	0.193	0.228	0.324
C1_65_11	Vmin	0.193	0.228	0.324
C1_66_1	Mmax	0.161	0.236	0.306
C1_66_1	Mmin	0.161	0.236	0.306
C1_66_1	Vmax	0.187	0.221	0.314
C1_66_1	Vmin	0.187	0.221	0.314
C1_66_11	Mmax	0.167	0.285	0.348
C1_66_11	Mmin	0.167	0.285	0.348
C1_66_11	Vmax	0.187	0.275	0.355
C1_66_11	Vmin	0.187	0.275	0.355
C1_67_1	Mmax	0.138	0.285	0.325
C1_67_1	Mmin	0.138	0.285	0.325
C1_67_1	Vmax	0.179	0.239	0.321
C1_67_1	Vmin	0.179	0.239	0.321
C1_67_11	Mmax	0.159	0.329	0.376
C1_67_11	Mmin	0.159	0.329	0.376
C1_67_11	Vmax	0.179	0.29	0.361
C1_67_11	Vmin	0.179	0.29	0.361
C1_68_1	Mmax	0.128	0.329	0.352
C1_68_1	Mmin	0.128	0.329	0.352
C1_68_1	Vmax	0.179	0.29	0.361
C1_68_1	Vmin	0.179	0.29	0.361
C1_68_11	Mmax	0.161	0.375	0.412
C1_68_11	Mmin	0.161	0.375	0.412
C1_68_11	Vmax	0.179	0.341	0.4
C1_68_11	Vmin	0.179	0.341	0.4
C1_69_1	Mmax	0.133	0.375	0.391
C1_69_1	Mmin	0.133	0.375	0.391
C1_69_1	Vmax	0.179	0.341	0.4
C1_69_1	Vmin	0.179	0.341	0.4
C1_69_11	Mmax	0.133	0.413	0.42
C1_69_11	Mmin	0.133	0.413	0.42
C1_69_11	Vmax	0.179	0.392	0.439
C1_69_11	Vmin	0.179	0.392	0.439
C1_98_1	Mmax	0.132	0.413	0.419
C1_98_1	Mmin	0.132	0.413	0.419
C1_98_1	Vmax	0.178	0.394	0.44
C1_98_1	Vmin	0.178	0.394	0.44
C1_98_11	Mmax	0.132	0.376	0.39

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C1_98_11	Mmin	0.132	0.376	0.39
C1_98_11	Vmax	0.178	0.344	0.401
C1_98_11	Vmin	0.178	0.344	0.401
C1_99_1	Mmax	0.162	0.376	0.413
C1_99_1	Mmin	0.162	0.376	0.413
C1_99_1	Vmax	0.178	0.344	0.401
C1_99_1	Vmin	0.178	0.344	0.401
C1_99_11	Mmax	0.162	0.329	0.378
C1_99_11	Mmin	0.162	0.329	0.378
C1_99_11	Vmax	0.178	0.293	0.362
C1_99_11	Vmin	0.178	0.293	0.362
C1_100_1	Mmax	0.178	0.329	0.391
C1_100_1	Mmin	0.178	0.329	0.391
C1_100_1	Vmax	0.178	0.329	0.39
C1_100_1	Vmin	0.178	0.329	0.39
C1_100_11	Mmax	0.137	0.283	0.323
C1_100_11	Mmin	0.137	0.283	0.323
C1_100_11	Vmax	0.178	0.278	0.351
C1_100_11	Vmin	0.178	0.278	0.351
C1_101_1	Mmax	0.166	0.283	0.346
C1_101_1	Mmin	0.166	0.283	0.346
C1_101_1	Vmax	0.187	0.278	0.358
C1_101_1	Vmin	0.187	0.278	0.358
C1_101_11	Mmax	0.166	0.236	0.31
C1_101_11	Mmin	0.166	0.236	0.31
C1_101_11	Vmax	0.187	0.224	0.317
C1_101_11	Vmin	0.187	0.224	0.317
C1_102_1	Mmax	0.189	0.236	0.327
C1_102_1	Mmin	0.189	0.236	0.327
C1_102_1	Vmax	0.194	0.224	0.322
C1_102_1	Vmin	0.194	0.224	0.322
C1_102_11	Mmax	0.169	0.186	0.273
C1_102_11	Mmin	0.169	0.186	0.273
C1_102_11	Vmax	0.194	0.169	0.279
C1_102_11	Vmin	0.194	0.169	0.279
C1_103_1	Mmax	0.193	0.186	0.292
C1_103_1	Mmin	0.193	0.186	0.292
C1_103_1	Vmax	0.203	0.181	0.295
C1_103_1	Vmin	0.203	0.181	0.295
C1_103_11	Mmax	0.166	0.133	0.23
C1_103_11	Mmin	0.166	0.133	0.23
C1_103_11	Vmax	0.203	0.123	0.25
C1_103_11	Vmin	0.203	0.123	0.25
C1_104_1	Mmax	0.192	0.133	0.25
C1_104_1	Mmin	0.192	0.133	0.25
C1_104_1	Vmax	0.213	0.127	0.261
C1_104_1	Vmin	0.213	0.127	0.261
C1_104_11	Mmax	0.134	0.089	0.172
C1_104_11	Mmin	0.134	0.089	0.172
C1_104_11	Vmax	0.213	0.066	0.215
C1_104_11	Vmin	0.213	0.066	0.215

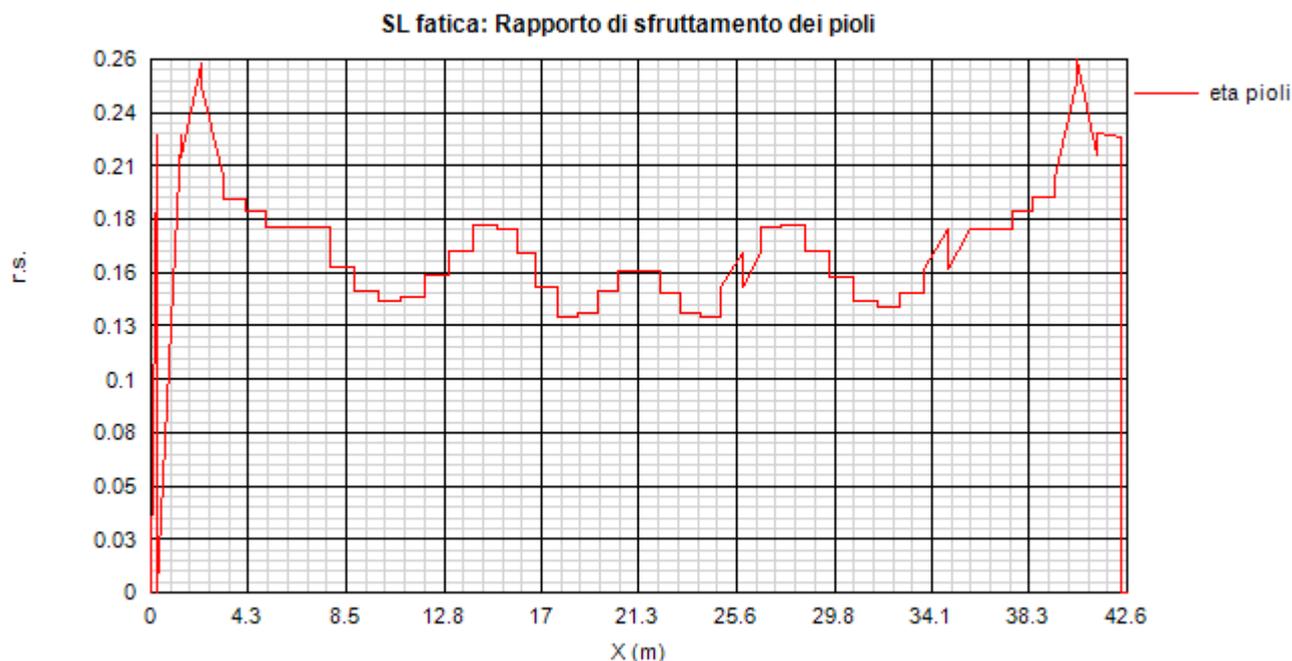
Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C1_105_1	Mmax	0.161	0.089	0.192
C1_105_1	Mmin	0.161	0.089	0.192
C1_105_1	Vmax	0.224	0.069	0.225
C1_105_1	Vmin	0.224	0.069	0.225
C1_105_11	Mmax	0.045	0.041	0.067
C1_105_11	Mmin	0.045	0.041	0.067
C1_105_11	Vmax	0.224	0	0.172
C1_105_11	Vmin	0.224	0	0.172
C1_61_1	Mmax	0	0	0
C1_61_1	Mmin	0	0	0
C1_61_1	Vmax	0	0	0
C1_61_1	Vmin	0	0	0
C1_61_11	Mmax	0	0	0
C1_61_11	Mmin	0	0	0
C1_61_11	Vmax	0	0	0
C1_61_11	Vmin	0	0	0
C1_106_1	Mmax	0	0	0
C1_106_1	Mmin	0	0	0
C1_106_1	Vmax	0	0	0
C1_106_1	Vmin	0	0	0
C1_106_11	Mmax	0	0	0
C1_106_11	Mmin	0	0	0
C1_106_11	Vmax	0	0	0
C1_106_11	Vmin	0	0	0
C2_70_1	Mmax	0.074	0.408	0.371
C2_70_1	Mmin	0.074	0.408	0.371
C2_70_1	Vmax	0.159	0.172	0.255
C2_70_1	Vmin	0.159	0.172	0.255
C2_70_11	Mmax	0.152	0.446	0.461
C2_70_11	Mmin	0.152	0.446	0.461
C2_70_11	Vmax	0.159	0.225	0.295
C2_70_11	Vmin	0.159	0.225	0.295
C2_71_1	Mmax	0.116	0.446	0.433
C2_71_1	Mmin	0.116	0.446	0.433
C2_71_1	Vmax	0.147	0.198	0.266
C2_71_1	Vmin	0.147	0.198	0.266
C2_71_11	Mmax	0.116	0.484	0.462
C2_71_11	Mmin	0.116	0.484	0.462
C2_71_11	Vmax	0.147	0.247	0.303
C2_71_11	Vmin	0.147	0.247	0.303
C2_72_1	Mmax	0.075	0.484	0.43
C2_72_1	Mmin	0.075	0.484	0.43
C2_72_1	Vmax	0.143	0.109	0.194
C2_72_1	Vmin	0.143	0.109	0.194
C2_72_11	Mmax	0.104	0.515	0.476
C2_72_11	Mmin	0.104	0.515	0.476
C2_72_11	Vmax	0.143	0.156	0.23
C2_72_11	Vmin	0.143	0.156	0.23
C2_73_1	Mmax	0.065	0.515	0.446
C2_73_1	Mmin	0.065	0.515	0.446
C2_73_1	Vmax	0.145	0.071	0.166

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C2_73_1	Vmin	0.145	0.071	0.166
C2_73_11	Mmax	0.092	0.541	0.487
C2_73_11	Mmin	0.092	0.541	0.487
C2_73_11	Vmax	0.145	0.119	0.203
C2_73_11	Vmin	0.145	0.119	0.203
C2_74_1	Mmax	0.054	0.541	0.458
C2_74_1	Mmin	0.054	0.541	0.458
C2_74_1	Vmax	0.155	0.042	0.152
C2_74_1	Vmin	0.155	0.042	0.152
C2_74_11	Mmax	0.08	0.565	0.496
C2_74_11	Mmin	0.08	0.565	0.496
C2_74_11	Vmax	0.155	0.093	0.191
C2_74_11	Vmin	0.155	0.093	0.191
C2_75_1	Mmax	0.044	0.565	0.468
C2_75_1	Mmin	0.044	0.565	0.468
C2_75_1	Vmax	0.168	0.063	0.177
C2_75_1	Vmin	0.168	0.063	0.177
C2_75_11	Mmax	0.068	0.586	0.503
C2_75_11	Mmin	0.068	0.586	0.503
C2_75_11	Vmax	0.168	0.118	0.22
C2_75_11	Vmin	0.168	0.118	0.22
C2_76_1	Mmax	0.033	0.586	0.476
C2_76_1	Mmin	0.033	0.586	0.476
C2_76_1	Vmax	0.18	0.088	0.207
C2_76_1	Vmin	0.18	0.088	0.207
C2_76_11	Mmax	0.033	0.596	0.484
C2_76_11	Mmin	0.033	0.596	0.484
C2_76_11	Vmax	0.18	0.147	0.252
C2_76_11	Vmin	0.18	0.147	0.252
C2_77_1	Mmax	0.032	0.596	0.483
C2_77_1	Mmin	0.032	0.596	0.483
C2_77_1	Vmax	0.179	0.075	0.195
C2_77_1	Vmin	0.179	0.075	0.195
C2_77_11	Mmax	0.109	0.607	0.55
C2_77_11	Mmin	0.109	0.607	0.55
C2_77_11	Vmax	0.179	0.123	0.232
C2_77_11	Vmin	0.179	0.123	0.232
C2_78_1	Mmax	0.078	0.607	0.527
C2_78_1	Mmin	0.078	0.607	0.527
C2_78_1	Vmax	0.166	0.106	0.21
C2_78_1	Vmin	0.166	0.106	0.21
C2_78_11	Mmax	0.078	0.628	0.543
C2_78_11	Mmin	0.078	0.628	0.543
C2_78_11	Vmax	0.166	0.151	0.244
C2_78_11	Vmin	0.166	0.151	0.244
C2_89_1	Mmax	0.077	0.628	0.542
C2_89_1	Mmin	0.077	0.628	0.542
C2_89_1	Vmax	0.167	0.145	0.24
C2_89_1	Vmin	0.167	0.145	0.24
C2_89_11	Mmax	0.077	0.607	0.527
C2_89_11	Mmin	0.077	0.607	0.527

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C2_89_11	Vmax	0.167	0.1	0.205
C2_89_11	Vmin	0.167	0.1	0.205
C2_90_1	Mmax	0.108	0.607	0.55
C2_90_1	Mmin	0.108	0.607	0.55
C2_90_1	Vmax	0.179	0.116	0.227
C2_90_1	Vmin	0.179	0.116	0.227
C2_90_11	Mmax	0.031	0.596	0.483
C2_90_11	Mmin	0.031	0.596	0.483
C2_90_11	Vmax	0.179	0.068	0.191
C2_90_11	Vmin	0.179	0.068	0.191
C2_91_1	Mmax	0.032	0.595	0.483
C2_91_1	Mmin	0.032	0.595	0.483
C2_91_1	Vmax	0.18	0.149	0.253
C2_91_1	Vmin	0.18	0.149	0.253
C2_91_11	Mmax	0.032	0.585	0.475
C2_91_11	Mmin	0.032	0.585	0.475
C2_91_11	Vmax	0.18	0.09	0.208
C2_91_11	Vmin	0.18	0.09	0.208
C2_92_1	Mmax	0.067	0.585	0.502
C2_92_1	Mmin	0.067	0.585	0.502
C2_92_1	Vmax	0.168	0.119	0.221
C2_92_1	Vmin	0.168	0.119	0.221
C2_92_11	Mmax	0.043	0.564	0.467
C2_92_11	Mmin	0.043	0.564	0.467
C2_92_11	Vmax	0.168	0.064	0.178
C2_92_11	Vmin	0.168	0.064	0.178
C2_93_1	Mmax	0.079	0.564	0.495
C2_93_1	Mmin	0.079	0.564	0.495
C2_93_1	Vmax	0.155	0.095	0.192
C2_93_1	Vmin	0.155	0.095	0.192
C2_93_11	Mmax	0.054	0.541	0.457
C2_93_11	Mmin	0.054	0.541	0.457
C2_93_11	Vmax	0.155	0.044	0.153
C2_93_11	Vmin	0.155	0.044	0.153
C2_94_1	Mmax	0.091	0.541	0.486
C2_94_1	Mmin	0.091	0.541	0.486
C2_94_1	Vmax	0.143	0.075	0.168
C2_94_1	Vmin	0.143	0.075	0.168
C2_94_11	Mmax	0.064	0.514	0.445
C2_94_11	Mmin	0.064	0.514	0.445
C2_94_11	Vmax	0.143	0.028	0.132
C2_94_11	Vmin	0.143	0.028	0.132
C2_95_1	Mmax	0.103	0.514	0.475
C2_95_1	Mmin	0.103	0.514	0.475
C2_95_1	Vmax	0.14	0.152	0.225
C2_95_1	Vmin	0.14	0.152	0.225
C2_95_11	Mmax	0.074	0.485	0.43
C2_95_11	Mmin	0.074	0.485	0.43
C2_95_11	Vmax	0.14	0.106	0.189
C2_95_11	Vmin	0.14	0.106	0.189
C2_96_1	Mmax	0.115	0.485	0.461

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C2_96_1	Mmin	0.115	0.485	0.461
C2_96_1	Vmax	0.147	0.248	0.304
C2_96_1	Vmin	0.147	0.248	0.304
C2_96_11	Mmax	0.115	0.447	0.432
C2_96_11	Mmin	0.115	0.447	0.432
C2_96_11	Vmax	0.147	0.199	0.266
C2_96_11	Vmin	0.147	0.199	0.266
C2_97_1	Mmax	0.151	0.447	0.46
C2_97_1	Mmin	0.151	0.447	0.46
C2_97_1	Vmax	0.159	0.225	0.295
C2_97_1	Vmin	0.159	0.225	0.295
C2_97_11	Mmax	0.074	0.412	0.374
C2_97_11	Mmin	0.074	0.412	0.374
C2_97_11	Vmax	0.159	0.173	0.255
C2_97_11	Vmin	0.159	0.173	0.255
C3_79_1	Mmax	0.037	0.552	0.453
C3_79_1	Mmin	0.037	0.552	0.453
C3_79_1	Vmax	0.149	0.118	0.206
C3_79_1	Vmin	0.149	0.118	0.206
C3_79_11	Mmax	0.039	0.561	0.462
C3_79_11	Mmin	0.039	0.561	0.462
C3_79_11	Vmax	0.149	0.157	0.235
C3_79_11	Vmin	0.149	0.157	0.235
C3_80_1	Mmax	0.024	0.561	0.45
C3_80_1	Mmin	0.024	0.561	0.45
C3_80_1	Vmax	0.135	0.157	0.224
C3_80_1	Vmin	0.135	0.157	0.224
C3_80_11	Mmax	0.028	0.568	0.459
C3_80_11	Mmin	0.028	0.568	0.459
C3_80_11	Vmax	0.135	0.191	0.251
C3_80_11	Vmin	0.135	0.191	0.251
C3_81_1	Mmax	0.013	0.568	0.447
C3_81_1	Mmin	0.013	0.568	0.447
C3_81_1	Vmax	0.137	0.035	0.133
C3_81_1	Vmin	0.137	0.035	0.133
C3_81_11	Mmax	0.024	0.573	0.459
C3_81_11	Mmin	0.024	0.573	0.459
C3_81_11	Vmax	0.137	0	0.106
C3_81_11	Vmin	0.137	0	0.106
C3_82_1	Mmax	0.007	0.573	0.446
C3_82_1	Mmin	0.007	0.573	0.446
C3_82_1	Vmax	0.147	0.021	0.13
C3_82_1	Vmin	0.147	0.021	0.13
C3_82_11	Mmax	0.015	0.576	0.455
C3_82_11	Mmin	0.015	0.576	0.455
C3_82_11	Vmax	0.147	0.017	0.126
C3_82_11	Vmin	0.147	0.017	0.126
C3_83_1	Mmax	0.004	0.576	0.446
C3_83_1	Mmin	0.004	0.576	0.446
C3_83_1	Vmax	0.158	0.005	0.125
C3_83_1	Vmin	0.158	0.005	0.125

Sezione	Comb	Pioli Eta1	Pioli Eta2	Pioli Eta3
C3_83_11	Mmax	0.007	0.576	0.449
C3_83_11	Mmin	0.007	0.576	0.449
C3_83_11	Vmax	0.158	0.036	0.149
C3_83_11	Vmin	0.158	0.036	0.149
C3_84_1	Mmax	0.01	0.576	0.451
C3_84_1	Mmin	0.01	0.576	0.451
C3_84_1	Vmax	0.158	0.037	0.15
C3_84_1	Vmin	0.158	0.037	0.15
C3_84_11	Mmax	0.005	0.575	0.447
C3_84_11	Mmin	0.005	0.575	0.447
C3_84_11	Vmax	0.158	0.004	0.125
C3_84_11	Vmin	0.158	0.004	0.125
C3_85_1	Mmax	0.014	0.575	0.453
C3_85_1	Mmin	0.014	0.575	0.453
C3_85_1	Vmax	0.147	0.018	0.127
C3_85_1	Vmin	0.147	0.018	0.127
C3_85_11	Mmax	0.006	0.572	0.445
C3_85_11	Mmin	0.006	0.572	0.445
C3_85_11	Vmax	0.147	0.02	0.129
C3_85_11	Vmin	0.147	0.02	0.129
C3_86_1	Mmax	0.023	0.572	0.458
C3_86_1	Mmin	0.023	0.572	0.458
C3_86_1	Vmax	0.137	0.001	0.106
C3_86_1	Vmin	0.137	0.001	0.106
C3_86_11	Mmax	0.015	0.568	0.449
C3_86_11	Mmin	0.015	0.568	0.449
C3_86_11	Vmax	0.137	0.034	0.132
C3_86_11	Vmin	0.137	0.034	0.132
C3_87_1	Mmax	0.031	0.568	0.46
C3_87_1	Mmin	0.031	0.568	0.46
C3_87_1	Vmax	0.135	0.186	0.248
C3_87_1	Vmin	0.135	0.186	0.248
C3_87_11	Mmax	0.027	0.561	0.453
C3_87_11	Mmin	0.027	0.561	0.453
C3_87_11	Vmax	0.135	0.152	0.221
C3_87_11	Vmin	0.135	0.152	0.221
C3_88_1	Mmax	0.065	0.561	0.481
C3_88_1	Mmin	0.065	0.561	0.481
C3_88_1	Vmax	0.15	0.152	0.232
C3_88_1	Vmin	0.15	0.152	0.232
C3_88_11	Mmax	0.036	0.552	0.452
C3_88_11	Mmin	0.036	0.552	0.452
C3_88_11	Vmax	0.15	0.113	0.202
C3_88_11	Vmin	0.15	0.113	0.202



Come si può notare, anche la sicurezza a fatica della piolatura appare ovunque soddisfatta.

6. Verifiche strutturali dell'impalcato esistente

6.1 Generalità

La normativa vigente asserisce che lo studio degli interventi di ampliamento di una struttura esistente non può prescindere da un'accurata conoscenza dello stato di fatto. In funzione dell'accuratezza delle informazioni riguardanti la geometria, i dettagli costruttivi delle armature e i materiali, dovrà essere valutata la tipologia di analisi strutturale più adeguata e definiti i coefficienti di confidenza da considerare in fase di verifica.

In base a quanto riportato nell'Eurocodice 8 (EN1998-3 par. 3.3), i livelli di conoscenza di un'opera esistente sono stati raggruppati nelle seguenti tre categorie:

1. Conoscenza limitata
2. Conoscenza normale
3. Conoscenza completa

I fattori che determinano il livello di conoscenza appropriato caso per caso sono:

- Geometria dell'opera
- Dettagli costruttivi
- Materiali

In base al livello di conoscenza raggiunto per una data opera vengono quindi determinati i tipi di analisi strutturale applicabili al caso in esame.

La seguente tabella riepiloga i criteri previsti dalla norma:

Table 3.1: Knowledge levels and corresponding methods of analysis (LF: Lateral Force procedure, MRS: Modal Response Spectrum analysis) and confidence factors (CF).

Knowledge Level	Geometry	Details	Materials	Analysis	CF
KL1		Simulated design in accordance with relevant practice and from limited in-situ inspection	Default values in accordance with standards of the time of construction and from limited in-situ testing	LF- MRS	CF _{KL1}
KL2	From original outline construction drawings with sample visual survey or from full survey	From incomplete original detailed construction drawings with limited in-situ inspection or from extended in-situ inspection	From original design specifications with limited in-situ testing or from extended in-situ testing	All	CF _{KL2}
KL3		From original detailed construction drawings with limited in-situ inspection or from comprehensive in-situ inspection	From original test reports with limited in-situ testing or from comprehensive in-situ testing	All	CF _{KL3}

NOTE The values ascribed to the confidence factors to be used in a country may be found in its National Annex. The recommended values are CF_{KL1} = 1,35, CF_{KL2} = 1,20 and CF_{KL3} = 1,00.

Nel caso della struttura in esame è possibile definire il livello di conoscenza raggiunto sulla base delle seguenti osservazioni:

- Geometria: la geometria dell'intera struttura di impalcato e le dimensioni delle varie membrature sono note grazie alla documentazione originaria di progetto e al rilievo eseguito in situ;
- Dettagli costruttivi: i quantitativi di armatura e le disposizioni costruttive sono note grazie alla documentazione originaria di progetto o, laddove questi ultimi non fossero esaustivi, grazie ai risultati della campagna di indagini effettuate sull'opera;
- Materiali: le informazioni relative alle caratteristiche dei materiali di costruzione (acciaio e calcestruzzo) sono note grazie alla documentazione di progetto o, laddove quest'ultima non fosse esaustiva, alla apposita campagna di indagine effettuata in situ mediante test di tipo sia distruttivo sia non distruttivo.

Sulla base di quanto appena esposto, è stato possibile determinare il fattore di confidenza da utilizzare in fase di verifica degli elementi esistenti, come descritto nel seguito.

Per tutti i risultati di dettaglio della campagna di indagine effettuata si rimanda alla relazione "Relazione tecnica CONTEST", redatta dalla ditta CONTEST Rilievo controllo progettazione.

6.2 Travi principali in c.a.p.

Per quanto riguarda le travi esistenti, come documentato nella "Relazione tecnica CONTEST", è stata effettuata un'accurata campagna di indagini volta a ricostruire i quantitativi e le disposizioni di armatura effettivamente presenti, oltre che a caratterizzare i materiali impiegati. In primo luogo è stato effettuato un rilievo geometrico delle membrature e successivamente sono state effettuate le seguenti prove:

- Prelievo di carote in cls da analizzare in laboratorio per dedurne le caratteristiche meccaniche (resistenza a compressione e massa volumetrica);
- Prove non distruttive sclerometriche, ultrasoniche e tipo Sonreb;
- Prelievo di spezzoni di barre d'armatura da analizzare in laboratorio per dedurne le caratteristiche meccaniche (resistenza a trazione);
- Prove di Brinnell;
- Scansione delle superfici con rilievi magnetometrici.

A valle dei risultati di tale campagna di indagini è stato raggiunto un livello di conoscenza normale (KL2) per quanto riguarda le carpenterie e le armature. In conclusione, si è assunto in fase di verifica delle travi un fattore di confidenza pari a $CF_{KL2} = 1.20$.

Come consentito dalla vigente normativa, nel caso di strutture esistenti si procede alle sole verifiche a rottura.

6.2.1 Verifiche a flessione

Di seguito si riporta il confronto delle sollecitazioni flettenti valutate nella sezione di mezzeria della trave esistente maggiormente caricata, ossia quella di bordo, con riferimento sia alle combinazioni di esercizio S.L.E. che a quelle di rottura S.L.U..

Trave esistente di bordo L = 42.60 m

Sollecitazioni allo SLE

	M_mezzeria	
	Pre-ampl.	Post-ampl.
pp_travi	5136.00	5717.74
pp soletta	2775.80	2568.00
perm	1609.70	1947.05
mobili	6420.00	6953.71
MSd_SLE	15941.50	17186.50

Sollecitazioni allo SLU

	M_mezzeria	
	Pre-ampl.	Post-ampl.
pp_travi	7704.00	7718.95
pp soletta	4163.70	3466.80
perm	2414.55	2628.52
mobili	9630.00	9387.51
MSd_SLU	23912.25	23201.78

Come si può osservare dal riepilogo in tabella, se nel caso delle combinazioni di esercizio (S.L.E.) le sollecitazioni flettenti della configurazione ampliata risultano dell'8% superiori a quelle della configurazione pre-ampliamento, in condizioni ultime, grazie al coefficiente di combinazione allo S.L.U. pari a 1.35 (al posto del 1.50 imposto dalle normative previgenti) si ottiene che le sollecitazioni finali risultano di circa il 3% inferiori a quelle della configurazione iniziale.

La verifica strutturale di seguito riportata conferma che il coefficiente di sicurezza risulta ampiamente superiore all'unità.

Verifiche a rottura (SLU)

	M_mezzeria	
	Pre-ampl.	Post-ampl.
Fase 1	11867.70	11185.75
Fase 2a	2414.55	2628.52
Fase 2b	0.00	0.00
Fase 3a	0.00	0.00
Fase 3b	9630.00	9387.51
MSd	23912.25	23201.78
MRd	33158.32	33158.32
γ	1.39	1.43

In conclusione, pur considerando un fattore di confidenza pari a $CF_{KL2} = 1.20$ a penalizzazione del coefficiente di sicurezza ottenuto, la verifica flessionale può comunque ritenersi pienamente soddisfatta essendo $\gamma = 1.43/1.20 = 1.19 > 1.0$.

6.2.2 Verifiche a taglio

Di seguito si riporta il confronto delle sollecitazioni taglianti valutate nella sezione di mezzeria della trave esistente maggiormente caricata, ossia quella di bordo, con riferimento sia alle combinazioni di esercizio S.L.E. che a quelle di rottura S.L.U..

Trave esistente di bordo L = 42.60 m**Sollecitazioni allo SLE**

	T_appoggio	
	Pre-ampl.	Post-ampl.
pp_travi	480.95	500.81
pp soletta	256.50	281.70
perm	153.30	197.80
mobili	663.70	658.50
VSd_SLE	1554.45	1638.81

Sollecitazioni allo SLU

	T_appoggio	
	Pre-ampl.	Post-ampl.
pp_travi	721.43	676.09
pp soletta	384.75	380.30
perm	229.95	267.03
mobili	995.55	888.98
VSd_SLE	2331.68	2212.39

Analogamente a quanto già evidenziato per le sollecitazioni flettenti, se nel caso delle combinazioni di esercizio (S.L.E.) le sollecitazioni taglianti della configurazione ampliata risultano del 5% superiori a quelle della configurazione pre-ampliamento, in condizioni ultime, grazie al coefficiente di combinazione allo S.L.U. pari a 1.35 (al posto del 1.50 imposto dalle normative previgenti) si ottiene che le sollecitazioni finali risultano di circa il 5% inferiori a quelle della configurazione iniziale.

La verifica strutturale di seguito riportata conferma che il coefficiente di sicurezza risulta ampiamente superiore all'unità.

Verifiche a rottura (SLU)

	T_appoggio	
	Pre-ampl.	Post-ampl.
Fase 1	1106.18	1056.39
Fase 2a	229.95	267.03
Fase 2b	0.00	0.00
Fase 3a	0.00	0.00
Fase 3b	995.55	888.98
VSd	2331.68	2212.39
VRd	2798.01	2798.01
γ	1.20	1.26

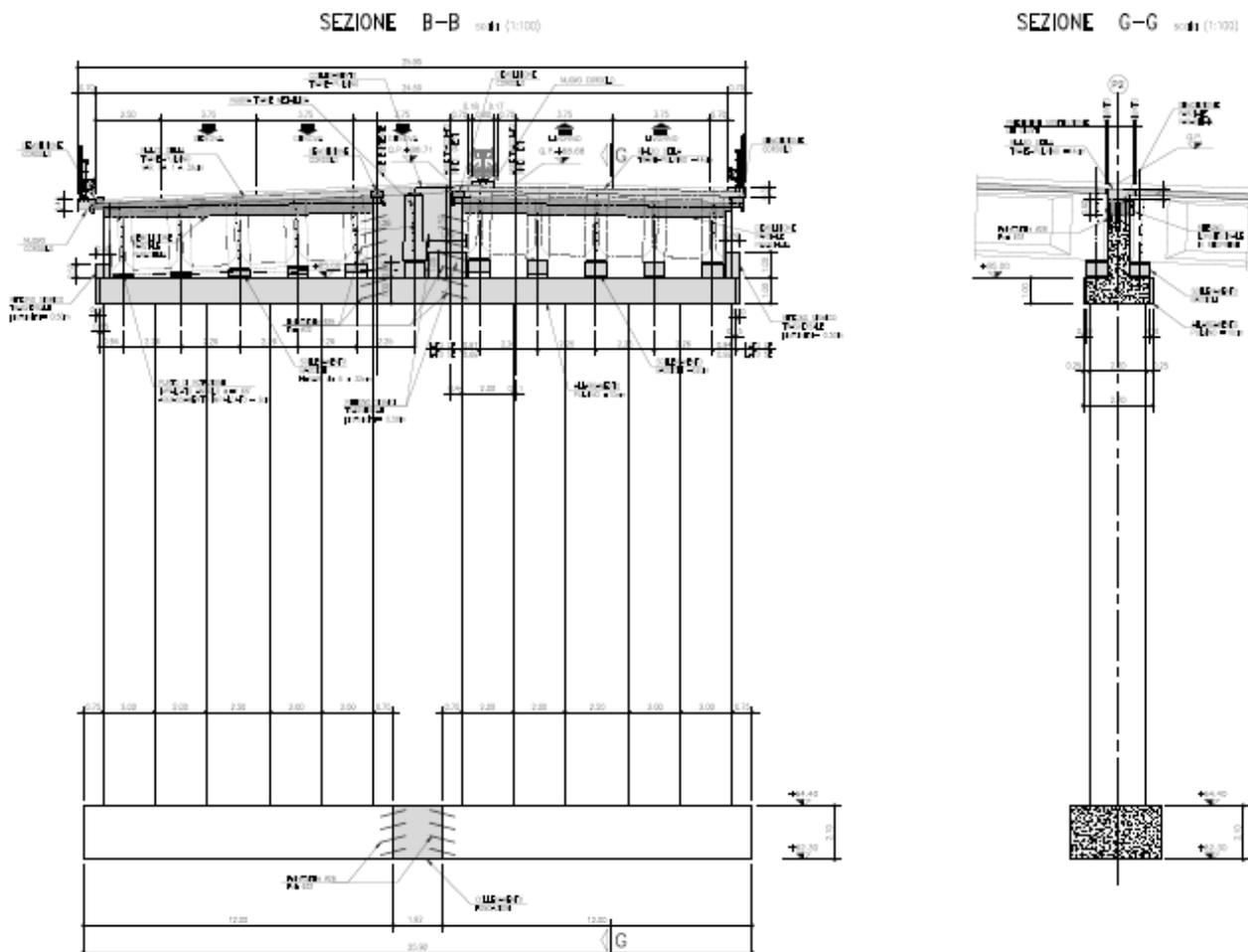
In conclusione, pur considerando un fattore di confidenza pari a $CF_{KL2} = 1.20$ a penalizzazione del coefficiente di sicurezza ottenuto, la verifica a taglio può comunque ritenersi pienamente soddisfatta essendo $\gamma = 1.26/1.20 = 1.05 > 1.0$.

7. Analisi e verifica delle pile

7.1 Generalità

Le due pile del viadotto in esame risultano del tutto analoghe. Per semplicità si farà riferimento alla pila P1, caratterizzata da un'altezza leggermente superiore rispetto alla P2.

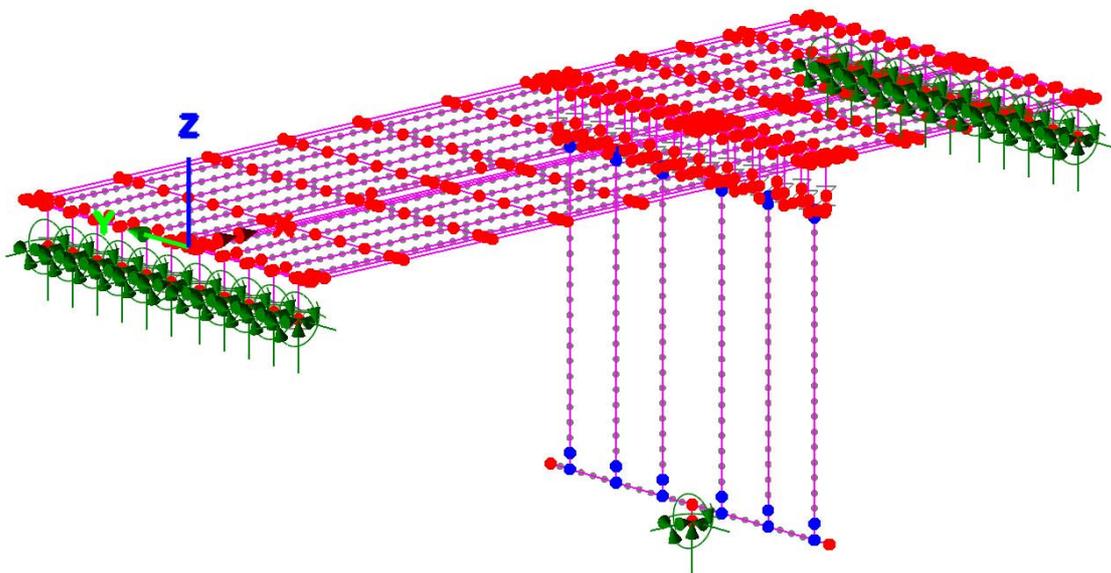
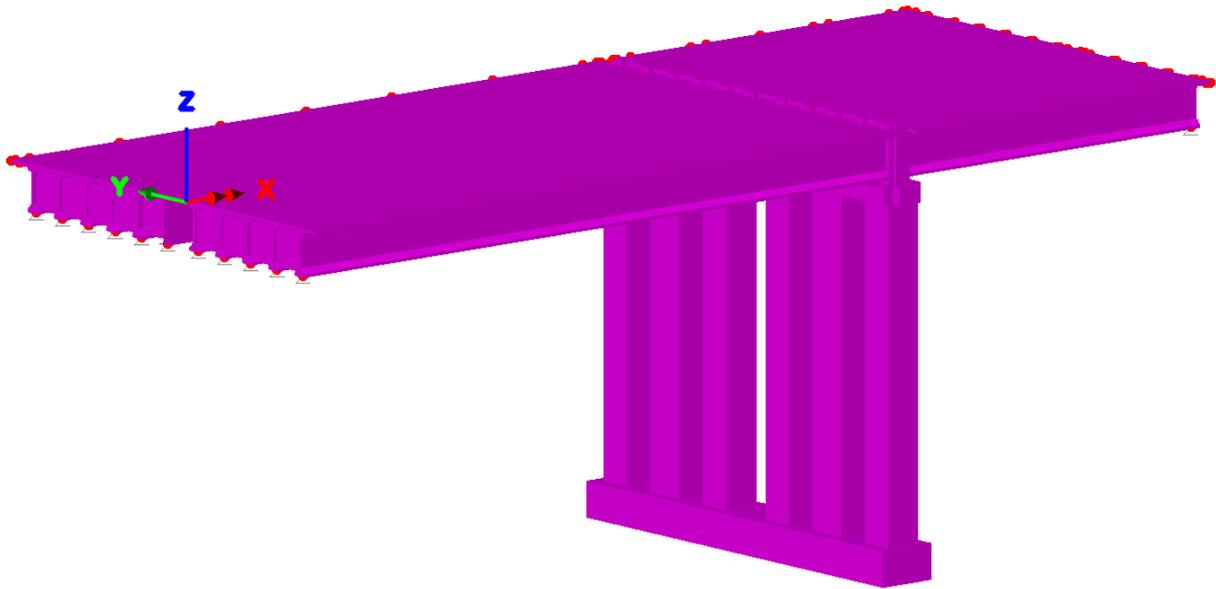
Nella configurazione iniziale le pile delle due carreggiate sono costituite da telai indipendenti, ciascuno formato da tre pilastri rettangolari, alti 20.70 m, collegati in sommità da una trave pulvino e alla base da una platea di fondazione. Il progetto di ampliamento prevede di collegare i telai delle due vie di corsa prolungando sia il pulvino sia il plinto di fondazione, come mostrato in figura.



7.2 Modellazione

Per lo studio del comportamento sia statico che sismico delle pile è stato impiegato un modello che comprende l'intero telaio della pila P1 nella configurazione ampliata, comprensivo delle 4 travate su di esso

afferenti. Sia il telaio della pila che le varie travate d'impalcato sono stati modellati usando elementi di tipo "beam" lineari a due nodi, come mostrato nelle seguenti figure.



L'analisi strutturale è stata eseguita tenendo conto delle varie fasi di vita della struttura mista costituente l'impalcato, come già ampiamente descritto. In ciascuna delle varie fasi il modello ad elementi finiti di trave, aggiornato in base alle corrette caratteristiche sezionali di ogni fase, è stato studiato separatamente sotto l'effetto dei carichi di volta in volta agenti.

I contributi di carico presi in esame in condizioni di esercizio sono quelli descritti nel capitolo relativo all'analisi dei carichi.

Per lo studio del comportamento sismico della pila, invece, è stata condotta un'analisi modale con spettro di risposta elastico.

7.3 Riepilogo risultati analisi statica

Si riportano di seguito le sollecitazioni assiali, flettenti e taglianti lungo le elevazioni delle pile, figlie degli involuipi delle combinazioni di carico in esercizio (S.L.E.) derivate dalle condizioni di carico che vedono quale azione dominante alternativamente i carichi mobili, il vento e le variazioni termiche.

Scale: 1: 585.044

Zoom: 136.0

Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)

Linear/dynamic analysis

Enveloping on: Fx

Env_Comb_SLE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Diagram component: Fx (Units: N)

Diagram maximum -2.38395E6 at Gauss point 11 of element 147

Diagram minimum -6.1926E6 at Gauss point 1 of element 34 (46:Comb_SLE_Vento_dom (Max))

Diagram scale: 1: 0.968898E-6

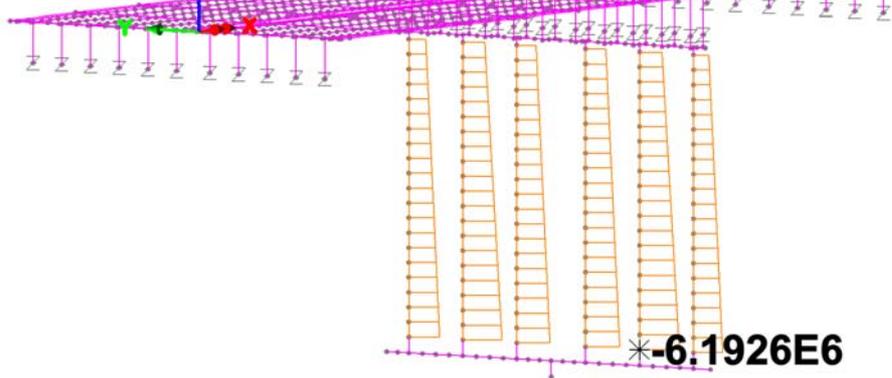
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Peak/value component: Fx (Units: N)

Peak range(%): 0.0

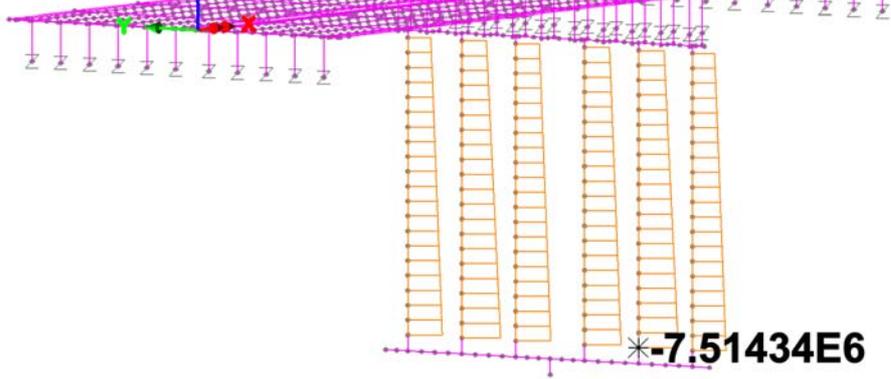
Peak/value maximum -2.38395E6 at node 148 of element 147 (46:Comb_SLE_Vento_dom (Max))

Peak/value minimum -6.1926E6 at node 29 of element 34 (46:Comb_SLE_Vento_dom (Max))



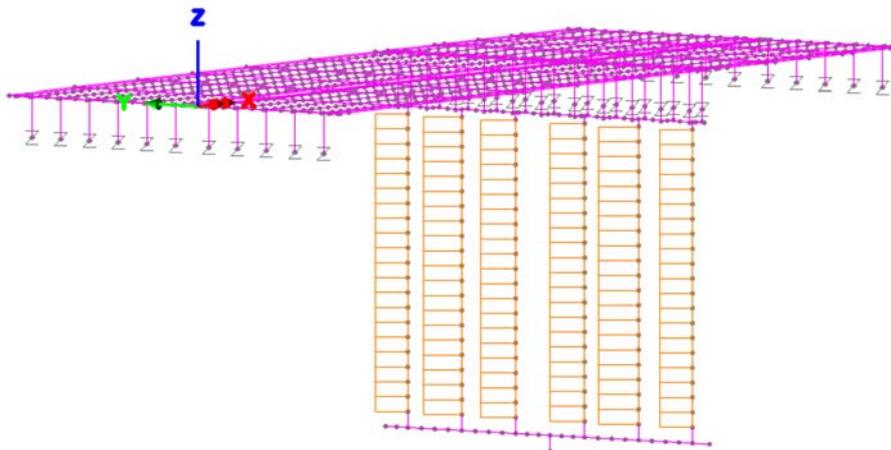
Scale: 1: 585.044
Zoom: 136.0
Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
Linear/dynamic analysis
Enveloping on: Fx
Env_Comb_SLE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum -4.17814E6 at Gauss point 11 of element 147
Diagram minimum -7.51434E6 at Gauss point 1 of element 34 (43:Comb_SLE_Mobili_dom (Min))
Diagram scale: 1: 0.798473E-6
Peak/value entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 0.0
Peak/value maximum 4.17814E6 at node 148 of element 147 (43:Comb_SLE_Mobili_dom (Min))
Peak/value minimum -7.51434E6 at node 29 of element 34 (43:Comb_SLE_Mobili_dom (Min))



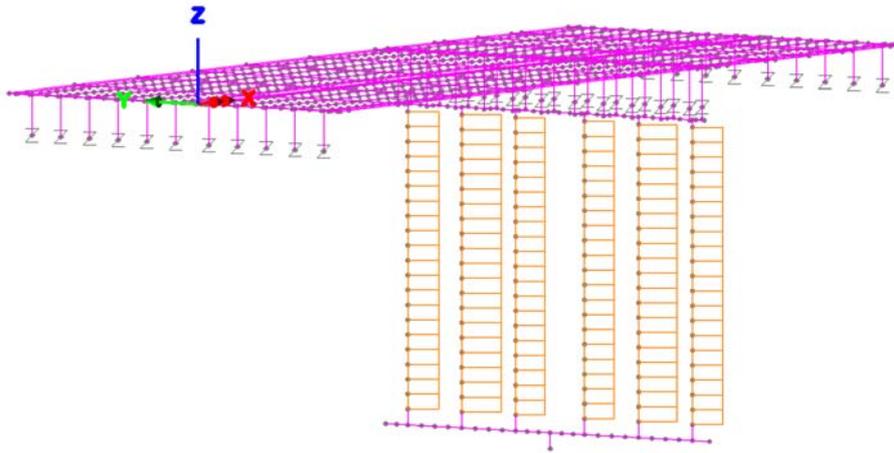
Scale: 1: 585.044
Zoom: 136.0
Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
Linear/dynamic analysis
Enveloping on: Fy
Env_Comb_SLE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fy (Units: N)
Diagram maximum 83.9715E3 at Gauss point 1 of element 34 (44:Comb_SLE_Frenatura_dom (Max))
Diagram minimum 68.7951E3 at Gauss point 1 of element 38 (44:Comb_SLE_Frenatura_dom (Max))
Diagram scale: 1: 71.4528E-6



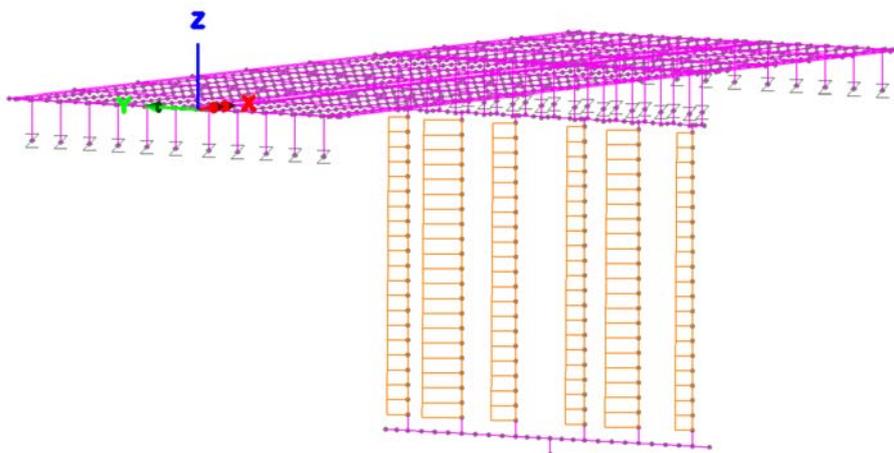
Scale: 1: 585.044
 Zoom: 136.0
 Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
 Linear/dynamic analysis
 Enveloping on: Fy
 Env_Comb_SLE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fy (Units: N)
 Diagram maximum -66.2421E3 at Gauss point 1 of element 36 (45:Comb_SLE_Frenatura_dom (Min))
 Diagram minimum -89.7278E3 at Gauss point 1 of element 37 (45:Comb_SLE_Frenatura_dom (Min))
 Diagram scale: 1: 66.8689E-6



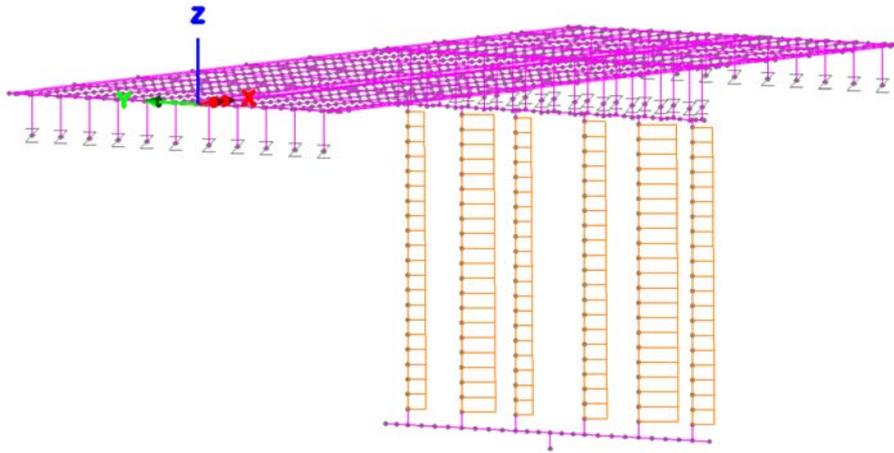
Scale: 1: 585.044
 Zoom: 136.0
 Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
 Linear/dynamic analysis
 Enveloping on: Fz
 Env_Comb_SLE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 120.809E3 at Gauss point 1 of element 37 (46:Comb_SLE_Vento_dom (Max))
 Diagram minimum 47.5328E3 at Gauss point 11 of element 147
 Diagram scale: 1: 49.6651E-6



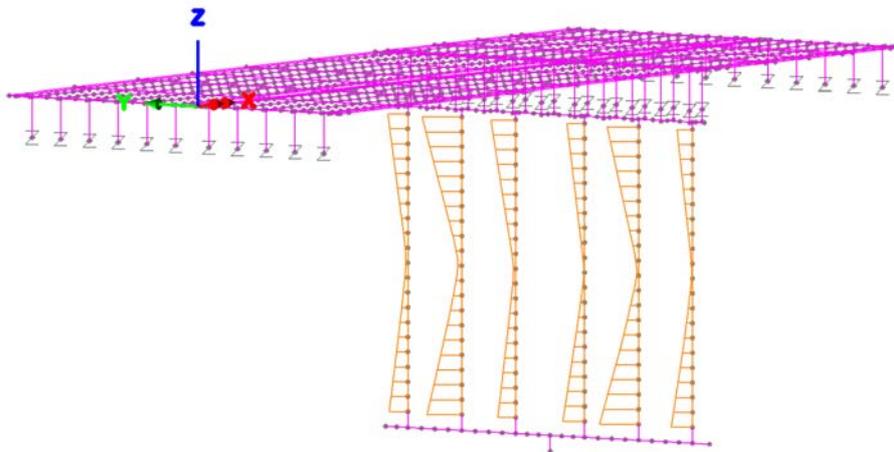
Scale: 1: 585.044
Zoom: 136.0
Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
Linear/dynamic analysis
Enveloping on: Fz
Env_Comb_SLE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum -47.664E3 at Gauss point 11 of element 150
Diagram minimum -123.738E3 at Gauss point 1 of element 34 (47:Comb_SLE_Vento_dom (Min))
Diagram scale: 1: 48.4896E-6



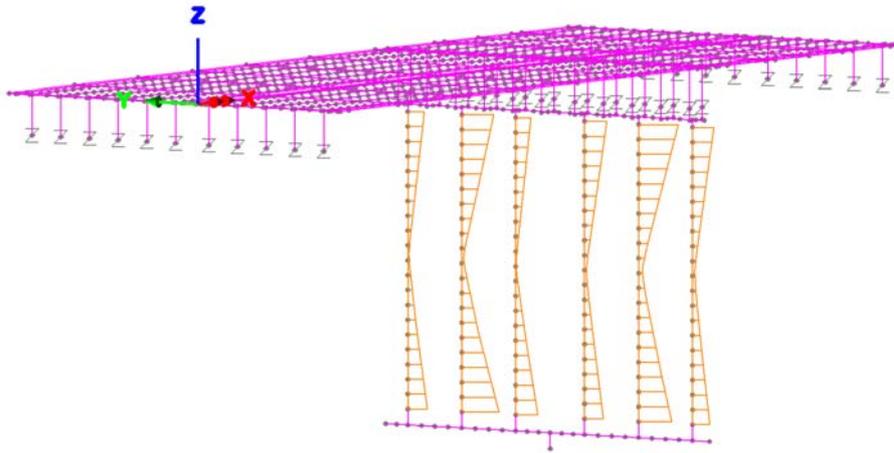
Scale: 1: 585.044
Zoom: 136.0
Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
Linear/dynamic analysis
Enveloping on: My
Env_Comb_SLE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 1.17075E6 at Gauss point 11 of element 151
Diagram minimum 13.8E3 at Gauss point 2 of element 95 (42:Comb_SLE_Mobili_dom (Max))
Diagram scale: 1: 5.12493E-6



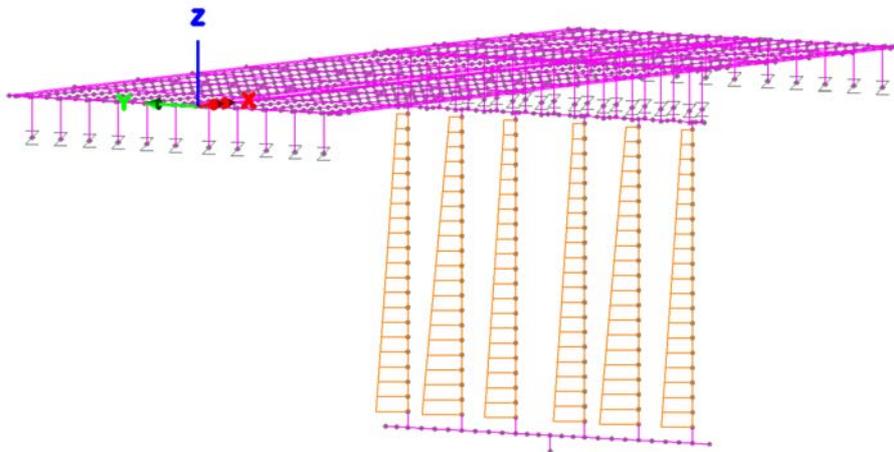
Scale: 1: 585.044
Zoom: 136.0
Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
Linear/dynamic analysis
Enveloping on: My
Env_Comb_SLE (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum -5.00092E3 at Gauss point 2 of element 96 (43:Comb_SLE_Mobili_dom (Min))
Diagram minimum -1.21952E6 at Gauss point 11 of element 148
Diagram scale: 1: 4.91995E-6



Scale: 1: 585.044
Zoom: 136.0
Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)
Linear/dynamic analysis
Enveloping on: Mz
Env_Comb_SLE (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Mz (Units: N.m)
Diagram maximum 2.50163E6 at Gauss point 1 of element 37 (44:Comb_SLE_Frenatura_dom (Max))
Diagram minimum 678.794E3 at Gauss point 9 of element 147 (42:Comb_SLE_Mobili_dom (Max))
Diagram scale: 1: 2.39844E-6



Scale: 1: 585.044

Zoom: 136.0

Eye: (-0.821836, -0.563872, 0.0814458)

Linear/dynamic analysis

Enveloping on: Mz

Env_Comb_SLE (Min)

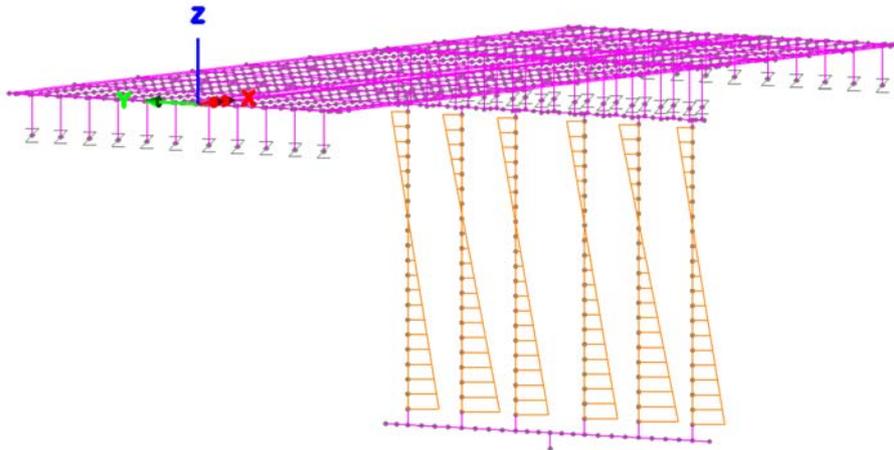
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Diagram component: Mz (Units: N.m)

Diagram maximum 532.5E3 at Gauss point 11 of element 148

Diagram minimum -1.08689E6 at Gauss point 1 of element 34 (45:Comb_SLE_Frenatura_dom (Min))

Diagram scale: 1: 5.52032E-6



7.3.1 Sollecitazioni statiche in fondazione

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative delle sollecitazioni valutate nel baricentro della fondazione nella configurazione ampliata nelle combinazioni di carico di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U.). I valori sono espressi in kN e kNm.

Combinazioni SLE

	Comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Fondazione	Fx (Max)	-37519.99	435.43	225.65	424.24	-8276.49	-6508.45
Fondazione	Fx (Min)	-43140.31	0.00	-263.47	-194.37	-541.33	4177.72
Fondazione	Fy (Max)	-40020.05	435.43	-236.17	-479.46	6554.80	-6342.44
Fondazione	Fy (Min)	-39709.15	-435.43	200.65	695.66	-15370.15	13652.29
Fondazione	Fz (Max)	-39015.55	0.00	423.95	53.74	149.03	3557.14
Fondazione	Fz (Min)	-39117.37	0.00	-448.47	-23.90	-5271.50	3586.29
Fondazione	Mx (Max)	-40457.49	0.00	154.74	1497.14	-29335.07	3836.24
Fondazione	Mx (Min)	-40203.26	0.00	-179.27	-1485.43	24491.55	3762.70
Fondazione	My (Max)	-40203.26	0.00	-179.27	-1485.43	24491.55	3762.70
Fondazione	My (Min)	-40457.49	0.00	154.74	1497.14	-29335.07	3836.24
Fondazione	Mz (Max)	-38805.08	-435.43	217.77	404.84	-9725.36	13653.32
Fondazione	Mz (Min)	-39328.11	435.43	-258.80	-137.23	-8.61	-6510.45

Combinazioni SLU-STR

	Comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Fondazione	Fx (Max)	-37519.71	587.84	343.99	592.19	-11036.78	-9983.56
Fondazione	Fx (Min)	-58239.42	0.00	-390.83	-296.25	87.53	5639.93
Fondazione	Fy (Max)	-46291.36	587.84	-353.26	-707.33	9974.09	-8562.29
Fondazione	Fy (Min)	-48210.78	-587.84	309.52	985.74	-20920.37	17233.45
Fondazione	Fz (Max)	-39538.71	0.00	635.42	126.74	-216.43	3604.99
Fondazione	Fz (Min)	-52808.45	0.00	-664.30	-99.90	-5744.47	4841.49
Fondazione	Mx (Max)	-51622.94	0.00	245.45	2085.08	-40425.00	4562.23
Fondazione	Mx (Min)	-44136.79	0.00	-274.35	-2082.72	34840.69	4499.18
Fondazione	My (Max)	-41142.12	0.00	-273.72	-2081.11	34858.82	3882.49
Fondazione	My (Min)	-54617.61	0.00	244.82	2083.48	-40443.14	5178.92
Fondazione	Mz (Max)	-52386.85	-587.84	330.13	622.98	-13975.60	18431.98
Fondazione	Mz (Min)	-39960.66	587.84	-381.29	-275.15	1789.19	-9986.26

Combinazioni SLU-GEO

	Comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Fondazione	Fx (Max)	-37519.87	500.75	298.24	497.65	-10036.57	-7997.79
Fondazione	Fx (Min)	-44764.57	0.00	-333.65	-198.54	309.72	4480.14
Fondazione	Fy (Max)	-40137.25	500.75	253.62	1188.87	-23989.41	-7618.23
Fondazione	Fy (Min)	-39240.70	-500.75	-275.51	-1134.43	18593.18	14995.86
Fondazione	Fz (Max)	-39239.76	0.00	549.26	105.07	-813.80	3577.65
Fondazione	Fz (Min)	-40138.19	0.00	-571.14	-50.25	-4582.73	3799.99
Fondazione	Mx (Max)	-41679.32	0.00	218.98	1733.50	-34737.42	4087.43
Fondazione	Mx (Min)	-40605.63	0.00	-239.06	-1658.56	29613.92	3814.04
Fondazione	My (Max)	-40605.63	0.00	-239.06	-1658.56	29613.92	3814.04
Fondazione	My (Min)	-41679.32	0.00	218.98	1733.50	-34737.42	4087.43
Fondazione	Mz (Max)	-39779.05	-500.75	-327.67	-336.80	2550.94	15377.07
Fondazione	Mz (Min)	-39599.20	500.75	287.36	661.50	-13307.13	-8000.08

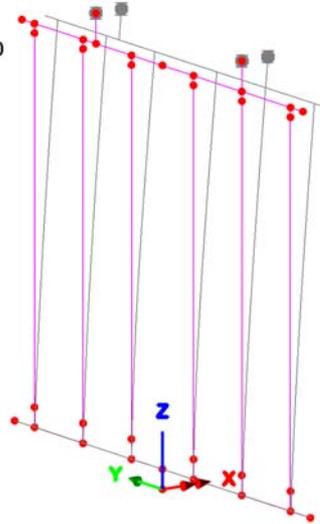
Per le verifiche di carattere geotecnico si rimanda all'apposita relazione geotecnica.

7.4 Riepilogo risultati analisi sismica

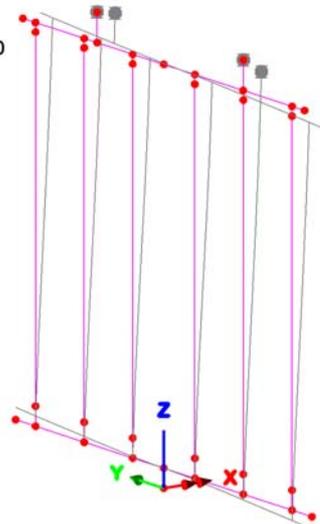
Come già anticipato, lo studio del comportamento sismico delle pile è stato condotto eseguendo un'analisi modale con spettro di risposta.

Di seguito si riportano innanzitutto le prime deformate critiche della pila in esame, in sommità alla quale sono stati concentrati i pesi propri e permanenti delle campate afferenti.

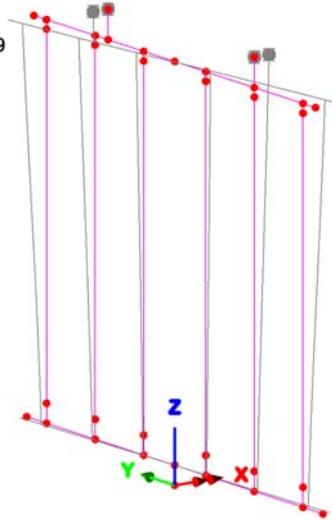
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 1
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 13.3424
Natural frequency: 0.581349
Error norm: 1.52955E-9
Maximum displacement 0.668659E-3 at node 180
Deformation exaggeration: 2.4082E3



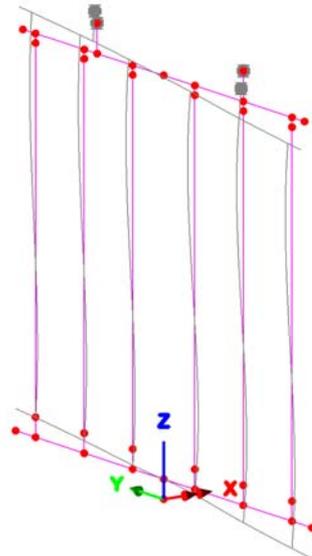
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 2
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 29.4786
Natural frequency: 0.864119
Error norm: 0.701925E-9
Maximum displacement 0.634529E-3 at node 180
Deformation exaggeration: 2.53773E3



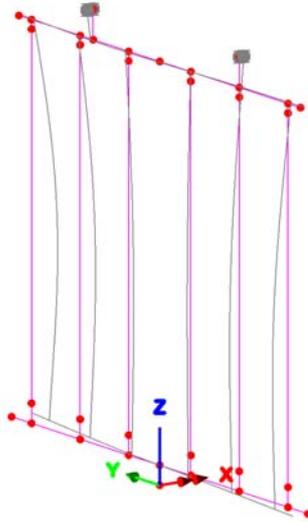
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 3
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 99.6302
Natural frequency: 1.5886
Error norm: 0.52903E-9
Maximum displacement 1.06186E-3 at node 179
Deformation exaggeration: 1.51646E3



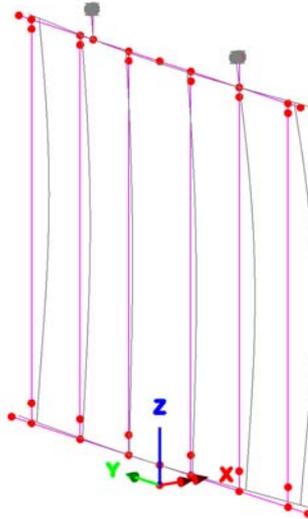
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 4
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 1.06659E3
Natural frequency: 5.1978
Error norm: 14.3294E-12
Maximum displacement 0.938074E-3 at node 2
Deformation exaggeration: 1.71656E3



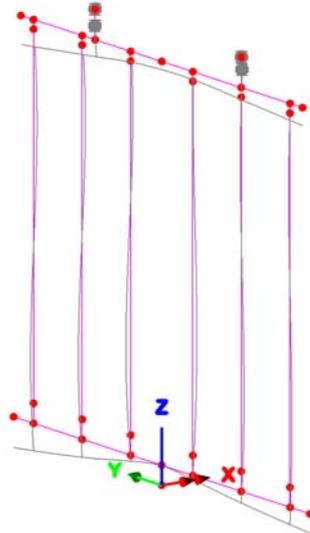
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 5
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 1.07552E3
Natural frequency: 5.21952
Error norm: 59.555E-12
Maximum displacement 1.53777E-3 at node 82
Deformation exaggeration: 1.04714E3



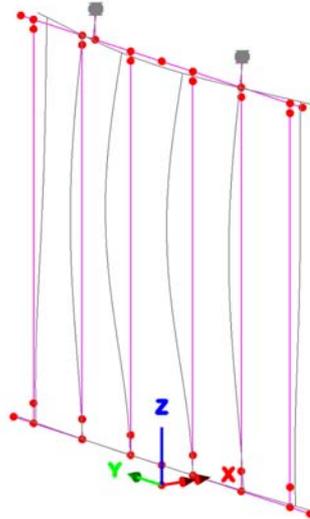
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 6
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 1.14343E3
Natural frequency: 5.38176
Error norm: 72.6768E-12
Maximum displacement 1.682E-3 at node 89
Deformation exaggeration: 957.351



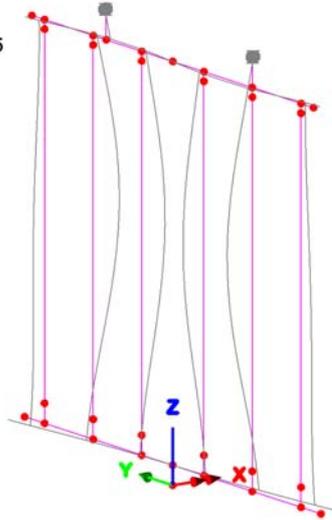
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
 Eigenvalue analysis
 Analysis: Analisi3_modale_lfess
 Loadcase: 4:body_force_lfess, Eigenvalue 7
 Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_lfess.mys
 Eigenvalue: 1.48786E3
 Natural frequency: 6.13905
 Error norm: 35.7457E-12
 Maximum displacement 0.995666E-3 at node 28
 Deformation exaggeration: 1.61727E3



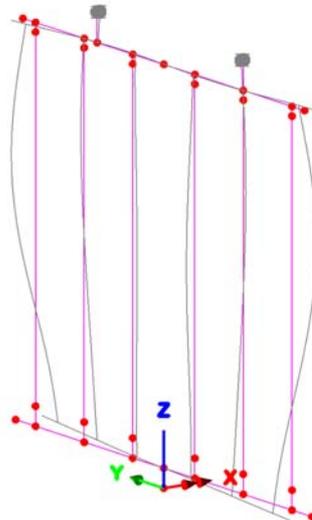
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
 Eigenvalue analysis
 Analysis: Analisi3_modale_lfess
 Loadcase: 4:body_force_lfess, Eigenvalue 8
 Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_lfess.mys
 Eigenvalue: 2.37835E3
 Natural frequency: 7.76172
 Error norm: 57.5834E-12
 Maximum displacement 1.63019E-3 at node 103
 Deformation exaggeration: 987.773



Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 9
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 3.35371E3
Natural frequency: 9.21686
Error norm: 35.6101E-12
Maximum displacement 1.37983E-3 at node 105
Deformation exaggeration: 1.167E3



Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.560636, -0.794515, 0.233309)
Eigenvalue analysis
Analysis: Analisi3_modale_ifess
Loadcase: 4:body_force_ifess, Eigenvalue 10
Results file: CASALINO_pile_sismica~Analisi3_modale_ifess.mys
Eigenvalue: 4.03892E3
Natural frequency: 10.1147
Error norm: 14.1567E-12
Maximum displacement 1.63935E-3 at node 28
Deformation exaggeration: 982.256

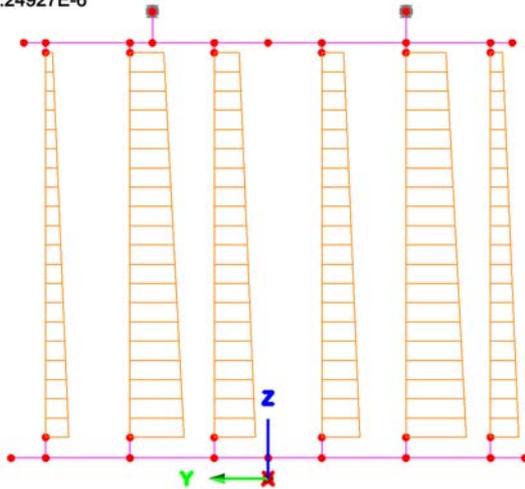


Il primo modo proprio di vibrare della struttura è in senso longitudinale con un periodo proprio di 1.72 s.

Si riportano di seguito le sollecitazioni assiali, flettenti e taglianti lungo le elevazioni delle pile, figlie degli involucri delle combinazioni di carico sismiche.

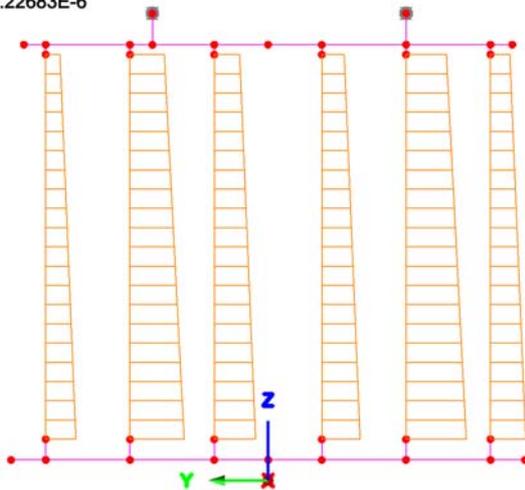
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: Fx
 Comb_SISMA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fx (Units: N)
 Diagram maximum -926.754E3 at Gauss point 11 of element 153
 Diagram minimum -8.00469E6 at Gauss point 1 of element 35
 Diagram scale: 1: 1.24927E-6



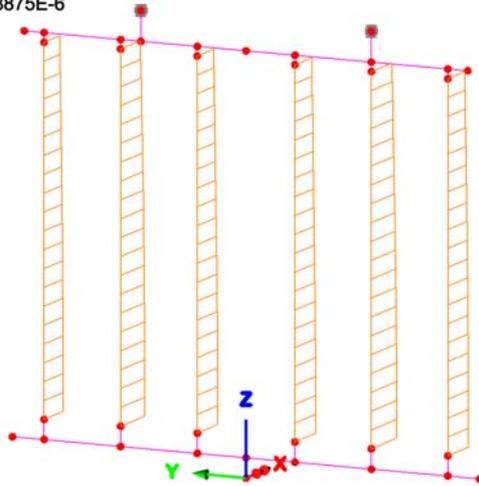
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-1.0, 0.0, 0.0)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: Fx
 Comb_SISMA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fx (Units: N)
 Diagram maximum -1.9423E6 at Gauss point 11 of element 153
 Diagram minimum -8.1511E6 at Gauss point 1 of element 35
 Diagram scale: 1: 1.22683E-6



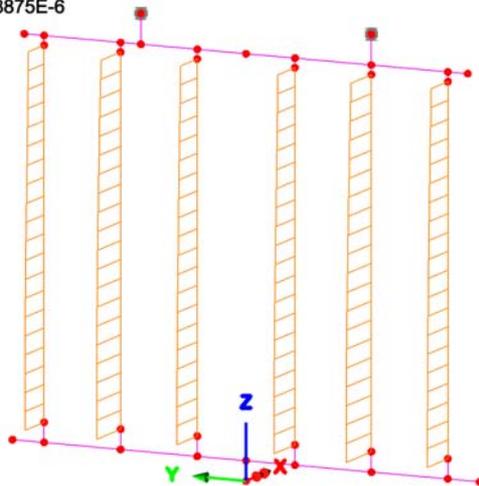
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: Fy
 Comb_SISMA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fy (Units: N)
 Diagram maximum 106.51E3 at Gauss point 1 of element 35
 Diagram minimum 66.2493E3 at Gauss point 1 of element 153
 Diagram scale: 1: 93.8875E-6



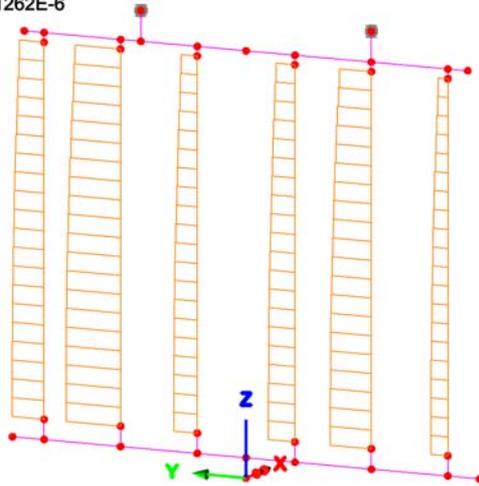
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: Fy
 Comb_SISMA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fy (Units: N)
 Diagram maximum -66.2493E3 at Gauss point 1 of element 153
 Diagram minimum -106.51E3 at Gauss point 1 of element 35
 Diagram scale: 1: 93.8875E-6



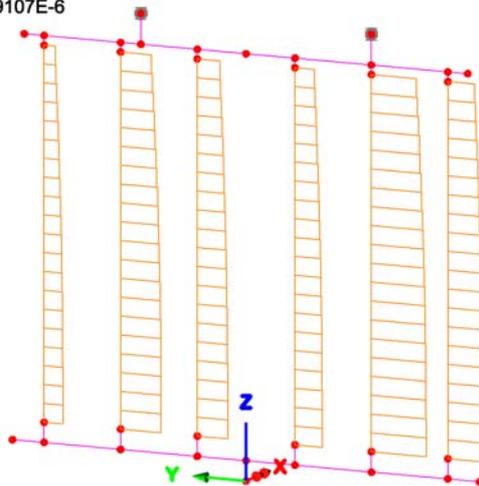
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
Eigenvalue analysis
Combining on: Fz
Comb_SISMA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 343.334E3 at Gauss point 1 of element 38
Diagram minimum 61.2192E3 at Gauss point 1 of element 148
Diagram scale: 1: 29.1262E-6



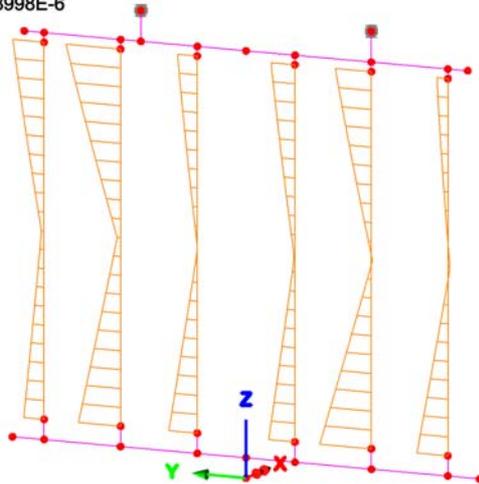
Scale: 1: 268.377
Zoom: 88.4956
Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
Eigenvalue analysis
Combining on: Fz
Comb_SISMA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum -65.8595E3 at Gauss point 1 of element 153
Diagram minimum -323.513E3 at Gauss point 1 of element 35
Diagram scale: 1: 30.9107E-6



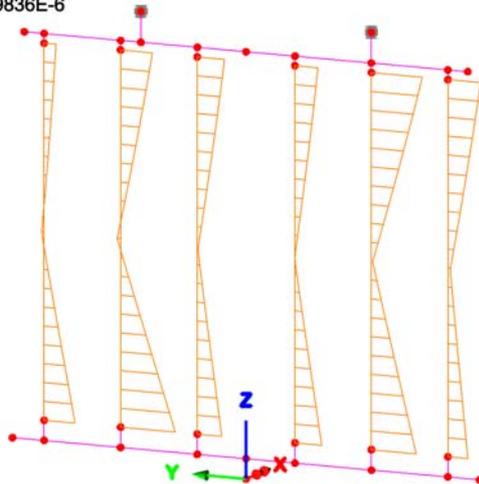
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: My
 Comb_SISMA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 3.23626E6 at Gauss point 11 of element 152
 Diagram minimum -106.669E3 at Gauss point 11 of element 88
 Diagram scale: 1: 3.08998E-6



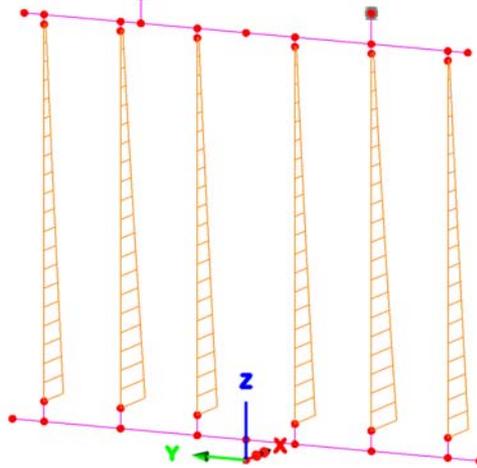
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: My
 Comb_SISMA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 189.452E3 at Gauss point 11 of element 92
 Diagram minimum -3.1266E6 at Gauss point 1 of element 38
 Diagram scale: 1: 3.19836E-6



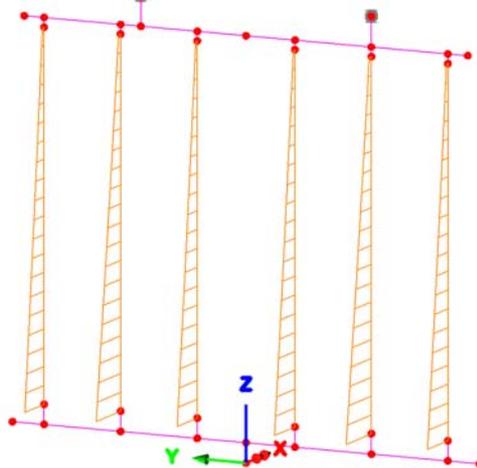
Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: Mz
 Comb_SISMA (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Mz (Units: N.m)
 Diagram maximum 2.108E6 at Gauss point 1 of element 35
 Diagram minimum 125.187E3 at Gauss point 11 of element 150
 Diagram scale: 1: 4.74383E-6



Scale: 1: 268.377
 Zoom: 88.4956
 Eye: (-0.890127, -0.410669, 0.197547)
 Eigenvalue analysis
 Combining on: Mz
 Comb_SISMA (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Mz (Units: N.m)
 Diagram maximum -125.187E3 at Gauss point 11 of element 150
 Diagram minimum -2.108E6 at Gauss point 1 of element 35
 Diagram scale: 1: 4.74383E-6



7.4.1 Sollecitazioni sismiche in fondazione

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative delle sollecitazioni valutate nel baricentro della fondazione nella configurazione ampliata nelle combinazioni di carico sismiche. I valori sono espressi in kN e kNm.

Combinazioni SISMA

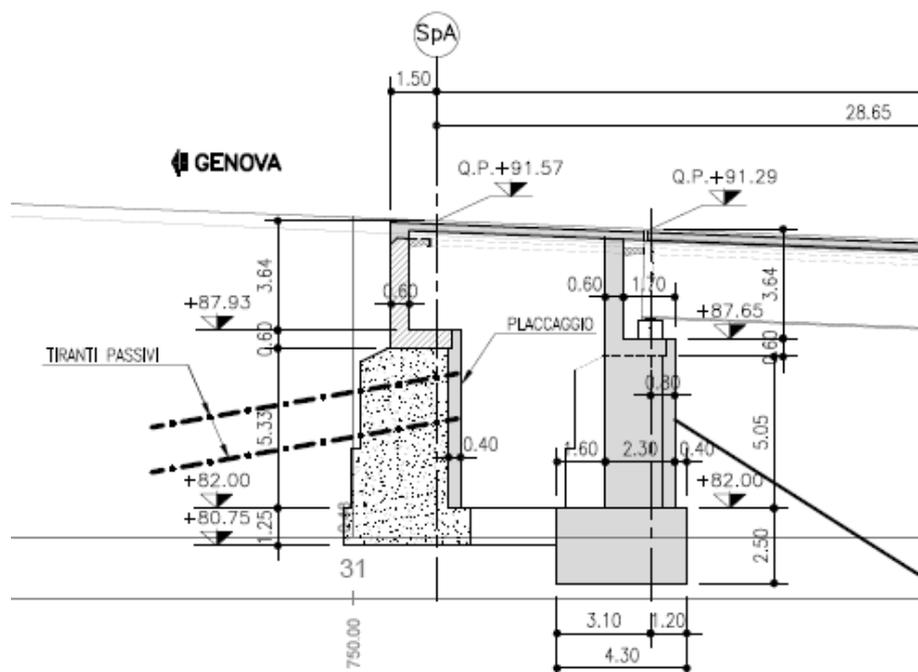
	Comb	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Fondazione	Fx (Max)	-38217.91	140.60	201.17	180.53	16868.61	2717.32
Fondazione	Fx (Min)	-39074.21	-140.60	-201.17	-180.53	7876.49	-2717.32
Fondazione	Fy (Max)	-38501.15	468.67	187.42	601.73	16701.48	9057.73
Fondazione	Fy (Min)	-38790.97	-468.67	-187.42	-601.73	8043.62	-9057.73
Fondazione	Fz (Max)	-38446.27	140.60	610.96	180.57	26635.18	2717.33
Fondazione	Fz (Min)	-38845.85	-140.60	-610.96	-180.57	-1890.08	-2717.33
Fondazione	Mx (Max)	-38501.15	468.67	187.42	601.73	16701.48	9057.73
Fondazione	Mx (Min)	-38790.97	-468.67	-187.42	-601.73	8043.62	-9057.73
Fondazione	My (Max)	-38446.27	140.60	610.96	180.57	26635.18	2717.33
Fondazione	My (Min)	-38845.85	-140.60	-610.96	-180.57	-1890.08	-2717.33
Fondazione	Mz (Max)	-38501.15	468.67	187.42	601.73	16701.48	9057.73
Fondazione	Mz (Min)	-38790.97	-468.67	-187.42	-601.73	8043.62	-9057.73

Per le verifiche di carattere geotecnico si rimanda all'apposita relazione geotecnica.

8. Analisi e verifica delle spalle**8.1 Generalità**

Le spalle esistenti nella configurazione attuale risultano costituite da un paramento in c.a. di larghezza variabile a gradoni, corredato da un paraghiaia tozzo e da un plinto di fondazione di tipo diretto.

Nella configurazione finale ampliata, il paraghiaia delle spalle esistenti viene demolito e sostituito con un nuovo corpo paraghiaia, come mostrato nella seguente figura. Inoltre un sistema di tirantatura passiva viene predisposto su due ordini al fine di supplire alle carenze strutturali del corpo spalla esistente.



Nel seguito si riporta l'analisi dei carichi e il report delle verifiche condotte per le sezioni ritenute maggiormente critiche, ossia spiccato paraghiaia, spiccato paramento e intradesso fondazione.

8.2 Analisi dei carichi

In condizioni statiche (S.L.E. e S.L.U.) le azioni da considerare agenti sulla spalla sono:

- Peso proprio spalla (calcestruzzo)
- Sovraccarico accidentale sul rilevato a tergo spalla ($q = 20 \text{ kN/m}^2$)
- Spinta statica a riposo del terreno a tergo spalla
- Spinta del sovraccarico a tergo
- Carichi derivanti dall'impalcato

Per la determinazione del contributo dovuto al rilevato si considerano i seguenti parametri del terreno:

- Peso specifico terreno rilevato: $\gamma_t = 20.0 \text{ kN/m}^3$;
- Angolo attrito interno rilevato: $\phi_r = 35.0^\circ$;
- Attrito terreno-terreno: $\delta = \phi / 2 = 17.5^\circ$;
- Coefficiente di spinta statica del terreno (a riposo) $k_0 = 0.426$

In condizioni sismiche (SIS), le azioni da considerare agenti sulla spalla sono:

- Peso proprio spalla (calcestruzzo)
- Spinta sismica del terreno a tergo spalla (formula Mononobe-Okabe)
- Azione inerziale del corpo spalla stesso
- Carichi permanenti derivanti dall'impalcato
- Azione inerziale dell'impalcato

Per la determinazione dei vari effetti sismici si considerano i seguenti parametri generali di calcolo:

- Accelerazione locale: $a_g = 0.114 \text{ g}$ (Comune di Rapallo)
- Categoria di sottosuolo: E
- Condizione topografica: T1
- Coefficiente di suolo: S = 1.6
- Coefficiente di spinta sismica del terreno $k_s = 0.27$

In generale, per la verifica della spalla si considera la generica sezione longitudinale di larghezza unitaria.

In fase di combinazione di carico in condizioni ultime (S.L.U.) si adottano i seguenti coefficienti di combinazione, in accordo alle NTC:

per i pesi propri e i permanenti: $\gamma_{fav} = 1.0$ e $\gamma_{sfav} = 1.35$

per i carichi accidentali: $\gamma_{fav} = 0.0$ e $\gamma_{sfav} = 1.35$

8.3 Corpo spalla esistente

Come sezione rappresentativa del corpo spalla esistente si considera quella lato Genova in carreggiata est, dotata di un placcaggio anteriore da 0.40 m. Il paraghiaia, spesso 0.60 m, risulta alto 3.20 m, mentre il

paramento è dato da tre gradoni, quello superiore spesso 2.40 m e alto 0.60 m, quello intermedio spesso 3.30 m e alto 2.50 m ed infine quello inferiore spesso 3.60 m e alto 2.83 m. La fondazione è infine larga 4.25 m per 1.25 m di altezza.

8.3.1 Sezione di spiccato paraghiaia

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di attacco del paraghiaia nelle combinazioni di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U. e SISMA). I valori riportati sono riferiti a metro lineare di spalla e sono espressi in KN/m e KNm/m.

Sezione Paraghiaia	SLE			SLU-STR (max N)			SLU-STR (max M)		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	48.00	0.00	0.00	64.80	0.00	0.00	48.00	0.00	0.00
Peso terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	25.20	26.88	0.00	34.02	36.29	0.00	34.02	36.29
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	15.75	25.20	0.00	21.27	34.02	0.00	21.27	34.02
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	48.00	40.95	52.09	64.80	55.29	70.32	48.00	55.29	70.32

Sezione Paraghiaia	SISMA-STR			SISMA-GEO			SISMA-EQU		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	48.00	0.00	0.00	48.00	0.00	0.00	48.00	0.00	0.00
Peso terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	25.20	26.88	0.00	0.00	0.00	0.00	25.20	26.88
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	31.79	33.91	0.00	0.00	0.00
Sovrappinta sismica (M ₁)	0.00	-15.90	-16.96	0.00	0.00	0.00	0.00	-15.90	-16.96
Sovrappinta sismica (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	-17.65	-18.83	0.00	0.00	0.00
Inerzia corpo spalla	0.00	8.76	14.01	0.00	8.76	14.01	0.00	8.76	14.01
Inerzia terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	48.00	18.06	23.93	48.00	22.90	29.09	48.00	18.06	23.93

8.3.2 Sezione di spiccato paramento

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di attacco del paramento nelle combinazioni di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U. e SISMA). I valori riportati sono riferiti a metro lineare di spalla e sono espressi in KN/m e KNm/m.

Sezione Paramento (3)	SLE			SLU-STR (max N)			SLU-STR (max M)		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	544.95	0.00	38.14	735.68	0.00	51.49	735.68	0.00	51.49
Peso terreno portato	106.20	0.00	-134.19	143.37	0.00	-181.16	106.20	0.00	-134.19
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	205.16	624.37	0.00	276.97	842.90	0.00	276.97	842.90
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	44.94	205.16	0.00	60.67	276.97	0.00	60.67	276.97
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	612.66	0.00	551.39	827.09	0.00	744.38	827.09	0.00	744.38
H impalcato	0.00	40.60	252.93	0.00	54.81	341.45	0.00	54.81	341.45
Totale	1263.81	290.70	1537.80	1706.14	392.45	2076.03	1668.97	392.45	2123.00

Sezione Paramento (3)	SISMA-STR			SISMA-GEO			SISMA-EQU		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	544.95	0.00	38.14	544.95	0.00	38.14	544.95	0.00	38.14
Peso terreno portato	106.20	0.00	-134.19	106.20	0.00	-134.19	106.20	0.00	-134.19
Spinta sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	205.16	624.37	0.00	0.00	0.00	0.00	205.16	624.37
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	258.82	787.67	0.00	0.00	0.00
Sovraspinta sismica (M ₁)	0.00	-129.41	-393.83	0.00	0.00	0.00	0.00	-129.41	-393.83
Sovraspinta sismica (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	-143.69	-437.29	0.00	0.00	0.00
Inerzia corpo spalla	0.00	99.40	322.12	0.00	99.40	322.12	0.00	99.40	322.12
Inerzia terreno portato	0.00	19.37	62.78	0.00	19.37	62.78	0.00	19.37	62.78
N impalcato	306.33	0.00	275.70	306.33	0.00	275.70	306.33	0.00	275.70
H impalcato	0.00	55.87	348.10	0.00	55.87	348.10	0.00	55.87	348.10
Totale	957.48	250.40	1143.18	957.48	289.78	1263.02	957.48	250.40	1143.18

8.3.3 Sezione di intradosso fondazione

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di intradosso fondazione nelle combinazioni di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U. e SISMA). I valori riportati sono riferiti a metro lineare di spalla e sono espressi in KN/m e KNm/m.

SPALLA CON PLACCAGGIO Sezione intradosso fondazione	(Altezza totale spalla = 10.38 m)								
	SLE			SLU-STR (max N)			SLU-STR (max M)		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	677.76	0.00	24.51	914.98	0.00	33.09	914.98	0.00	33.09
Peso terreno portato	160.98	0.00	-254.62	217.32	0.00	-343.74	160.98	0.00	-254.62
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	265.18	917.54	0.00	358.00	1238.67	0.00	358.00	1238.67
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	51.10	265.18	0.00	68.98	358.00	0.00	68.98	358.00
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	612.66	0.00	536.08	827.09	0.00	723.70	827.09	0.00	723.70
H impalcato	0.00	40.60	303.68	0.00	54.81	409.96	0.00	54.81	409.96
Totale	1451.40	356.88	1792.36	1959.39	481.78	2419.69	1903.05	481.78	2508.81

SPALLA CON PLACCAGGIO Sezione intradosso fondazione	SLU-GEO (max N)						SLU-GEO (max M)					
	N	T	M	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51
Peso terreno portato	209.27	0.00	-331.01	160.98	0.00	-254.62	160.98	0.00	-254.62	160.98	0.00	-254.62
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	434.90	1504.77	0.00	434.90	1504.77	0.00	434.90	1504.77	0.00	434.90	1504.77
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	83.80	434.90	0.00	83.80	434.90	0.00	83.80	434.90	0.00	83.80	434.90
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	796.46	0.00	696.90	796.46	0.00	696.90	796.46	0.00	696.90	796.46	0.00	696.90
H impalcato	0.00	52.78	394.78	0.00	52.78	394.78	0.00	52.78	394.78	0.00	52.78	394.78
Totale	1683.49	571.48	2724.86	1635.20	571.48	2801.24	1635.20	571.48	2801.24	1635.20	571.48	2801.24

SPALLA CON PLACCAGGIO Sezione intradosso fondazione	SLU-EQU (max N)						SLU-EQU (max M)					
	N	T	M	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51
Peso terreno portato	241.47	0.00	-381.93	160.98	0.00	-254.62	160.98	0.00	-254.62	160.98	0.00	-254.62
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	397.78	1376.30	0.00	397.78	1376.30	0.00	397.78	1376.30	0.00	397.78	1376.30
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	76.64	397.78	0.00	76.64	397.78	0.00	76.64	397.78	0.00	76.64	397.78
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	918.99	0.00	804.12	918.99	0.00	804.12	918.99	0.00	804.12	918.99	0.00	804.12
H impalcato	0.00	60.90	455.51	0.00	60.90	455.51	0.00	60.90	455.51	0.00	60.90	455.51
Totale	1838.22	535.32	2676.29	1757.73	535.32	2803.60	1757.73	535.32	2803.60	1757.73	535.32	2803.60

SPALLA CON PLACCAGGIO

(Altezza totale spalla = 10.38 m)

Sezione intradosso fondazione

	SISMA-STR			SISMA-GEO			SISMA-EQU		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio spalla	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51	677.76	0.00	24.51
Peso terreno portato	160.98	0.00	-254.62	160.98	0.00	-254.62	160.98	0.00	-254.62
Spinta sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	265.18	917.54	0.00	0.00	0.00	0.00	265.18	917.54
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	334.54	1157.51	0.00	0.00	0.00
Sovraspinta sismica (M ₁)	0.00	-167.27	-578.75	0.00	0.00	0.00	0.00	-167.27	-578.75
Sovraspinta sismica (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	-185.73	-642.61	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inerzia corpo spalla	0.00	123.62	461.51	0.00	123.62	461.51	0.00	123.62	461.51
Inerzia terreno portato	0.00	29.36	170.74	0.00	29.36	170.74	0.00	29.36	170.74
N impalcato	306.33	0.00	268.04	306.33	0.00	268.04	306.33	0.00	268.04
H impalcato	0.00	55.87	417.94	0.00	55.87	417.94	0.00	55.87	417.94
Totale	1145.07	306.78	1426.91	1145.07	357.68	1603.03	1145.07	306.78	1426.91

Per le verifiche di carattere geotecnico e per il dimensionamento del sistema di tiranti passivi si rimanda all'apposita relazione geotecnica.

8.4 Corpo spalla d'ampliamento

La sezione rappresentativa del corpo spalla d'ampliamento presenta un paraghiaia, spesso 0.60 m, risulta alto 2.64 m, mentre il paramento è spesso 2.30 m e alto 5.65 m. La fondazione è infine larga 4.30 m per 2.5 m di altezza.

8.4.1 Sezione di spiccato paraghiaia

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di attacco del paraghiaia nelle combinazioni di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U. e SISMA). I valori riportati sono riferiti a metro lineare di spalla e sono espressi in KN/m e KNm/m.

Sezione Paraghiaia	SLE			SLU-STR (max N)			SLU-STR (max M)		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	54.60	0.00	0.00	73.71	0.00	0.00	54.60	0.00	0.00
Peso terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	32.61	39.57	0.00	44.02	53.42	0.00	44.02	53.42
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	17.92	32.61	0.00	24.19	44.02	0.00	24.19	44.02
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	54.60	50.53	72.18	73.71	68.21	97.44	54.60	68.21	97.44

Sezione Paraghiaia	SISMA-STR			SISMA-GEO			SISMA-EQU		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	54.60	0.00	0.00	54.60	0.00	0.00	54.60	0.00	0.00
Peso terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	32.61	39.57	0.00	0.00	0.00	0.00	32.61	39.57
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	41.14	49.92	0.00	0.00	0.00
Sovraspinta sismica (M ₁)	0.00	-20.57	-24.96	0.00	0.00	0.00	0.00	-20.57	-24.96
Sovraspinta sismica (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	-22.84	-27.71	0.00	0.00	0.00
Inerzia corpo spalla	0.00	9.96	18.13	0.00	9.96	18.13	0.00	9.96	18.13
Inerzia terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H impalcato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	54.60	22.00	32.74	54.60	28.26	40.33	54.60	22.00	32.74

8.4.2 Sezione di spiccato paramento

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di attacco del paramento nelle combinazioni di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U. e SISMA). I valori riportati sono riferiti a metro lineare di spalla e sono espressi in KN/m e KNm/m.

Sezione Paramento (3)	SLE			SLU-STR (max N)			SLU-STR (max M)		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	379.48	0.00	-46.41	512.30	0.00	-62.65	379.48	0.00	-46.41
Peso terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	212.42	657.80	0.00	286.77	888.03	0.00	286.77	888.03
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	45.73	212.42	0.00	61.74	286.77	0.00	61.74	286.77
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	471.96	0.00	117.99	637.15	0.00	159.29	637.15	0.00	159.29
H impalcato	0.00	40.60	241.56	0.00	54.81	326.11	0.00	54.81	326.11
Totale	851.44	298.75	1183.36	1149.45	403.31	1597.54	1016.63	403.31	1613.78

Sezione Paramento (3)	SISMA-STR			SISMA-GEO			SISMA-EQU		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	379.48	0.00	-46.41	379.48	0.00	-46.41	379.48	0.00	-46.41
Peso terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	212.42	657.80	0.00	0.00	0.00	0.00	212.42	657.80
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	267.98	829.84	0.00	0.00	0.00
Sovraspinta sismica (M ₁)	0.00	-133.99	-414.92	0.00	0.00	0.00	0.00	-133.99	-414.92
Sovraspinta sismica (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	-148.77	-460.70	0.00	0.00	0.00
Inerzia corpo spalla	0.00	69.22	241.80	0.00	69.22	241.80	0.00	69.22	241.80
Inerzia terreno portato	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	235.98	0.00	59.00	235.98	0.00	59.00	235.98	0.00	59.00
H impalcato	0.00	43.04	256.11	0.00	43.04	256.11	0.00	43.04	256.11
Totale	615.46	190.69	753.38	615.46	231.46	879.64	615.46	190.69	753.38

8.4.3 Sezione di intradosso fondazione

Si riportano di seguito le sollecitazioni riscontrate nella sezione di intradosso fondazione nelle combinazioni di esercizio (S.L.E.) e ultime (S.L.U. e SISMA). I valori riportati sono riferiti a metro lineare di spalla e sono espressi in KN/m e KNm/m.

SPALLA GENOVA CARR OVEST

(Altezza totale spalla = 11.7901 m)

Sezione intradosso fondazione

	SLE			SLU-STR (max N)			SLU-STR (max M)		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	648.23	0.00	181.28	875.11	0.00	244.73	875.11	0.00	244.73
Peso terreno portato	297.28	0.00	-460.79	401.33	0.00	-622.07	297.28	0.00	-460.79
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	342.13	1344.57	0.00	461.87	1815.17	0.00	461.87	1815.17
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	58.04	342.13	0.00	78.35	461.87	0.00	78.35	461.87
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	471.96	0.00	401.17	637.15	0.00	541.58	637.15	0.00	541.58
H impalcato	0.00	40.60	343.06	0.00	54.81	463.13	0.00	54.81	463.13
Totale	1417.48	440.76	2151.41	1913.59	595.03	2904.41	1809.54	595.03	3065.68

SPALLA GENOVA CARR OVEST

Sezione intradosso fondazione

	SLU-GEO (max N)			SLU-GEO (max M)		
	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	648.23	0.00	181.28	648.23	0.00	181.28
Peso terreno portato	386.47	0.00	-599.03	297.28	0.00	-460.79
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	561.09	2205.11	0.00	561.09	2205.11
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	95.18	561.09	0.00	95.18	561.09
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	613.55	0.00	521.52	613.55	0.00	521.52
H impalcato	0.00	52.78	445.98	0.00	52.78	445.98
Totale	1648.25	709.05	3315.95	1559.07	709.05	3454.19

SPALLA GENOVA CARR OVEST

Sezione intradosso fondazione

	SLU-EQU (max N)			SLU-EQU (max M)		
	N	T	M	N	T	M
Peso proprio	648.23	0.00	181.28	648.23	0.00	181.28
Peso terreno portato	445.92	0.00	-691.18	297.28	0.00	-460.79
Peso sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	513.19	2016.85	0.00	513.19	2016.85
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta sovraccarico (M ₁)	0.00	87.05	513.19	0.00	87.05	513.19
Spinta sovraccarico (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N impalcato	707.94	0.00	601.75	707.94	0.00	601.75
H impalcato	0.00	60.90	514.59	0.00	60.90	514.59
Totale	1802.10	661.14	3136.48	1653.46	661.14	3366.88

SPALLA GENOVA CARR OVEST

Sezione intradosso fondazione

(Altezza totale spalla = 11.7901 m)

	SISMA-STR			SISMA-GEO			SISMA-EQU		
	N	T	M	N	T	M	N	T	M
Peso proprio spalla	648.23	0.00	181.28	648.23	0.00	181.28	648.23	0.00	181.28
Peso terreno portato	297.28	0.00	-460.79	297.28	0.00	-460.79	297.28	0.00	-460.79
Spinta sovraccarico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta statica terreno (M ₁)	0.00	342.13	1344.57	0.00	0.00	0.00	0.00	342.13	1344.57
Spinta statica terreno (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	431.61	1696.24	0.00	0.00	0.00
Sovraspinta sismica (M ₁)	0.00	-215.80	-848.11	0.00	0.00	0.00	0.00	-215.80	-848.11
Sovraspinta sismica (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	-239.62	-941.70	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₁)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spinta terreno di valle (M ₂)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inerzia corpo spalla	0.00	118.24	476.12	0.00	118.24	476.12	0.00	118.24	476.12
Inerzia terreno portato	0.00	54.22	387.44	0.00	54.22	387.44	0.00	54.22	387.44
N impalcato	235.98	0.00	200.58	235.98	0.00	200.58	235.98	0.00	200.58
H impalcato	0.00	43.04	363.72	0.00	43.04	363.72	0.00	43.04	363.72
Totale	1181.50	341.83	1644.81	1181.50	407.50	1902.89	1181.50	341.83	1644.81

Per le verifiche di carattere geotecnico e per il dimensionamento del sistema di tiranti passivi si rimanda all'apposita relazione geotecnica.