

# Nuovo Ponte dell'Uccellino



**COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME  
SECCHIA IN LOCALITA' PASSO DELL'UCCELLINO  
E OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO  
PUNTUALE SU VIA MORELLO**

**ANNO 2022**  
**Progetto Definitivo**

**STR.11** PROGETTO STRUTTURALE  
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Rev. 1  
marzo 2022

Gruppo di lavoro

Responsabile Unico del Procedimento: Arch. Lucio Fontana

Progettisti: Ing. Luca Piacentini - Ing. Eugenio Santi

Gruppo di lavoro: Geol. Giorgio Barelli - Ing. Giorgio Piacentini

Geom. Rosa Lombardi - Geom. Mauro Pizzirani

# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

**COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME  
SECCHIA IN LOCALITA' PASSO DELL'UCCELLINO E  
OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO PUNTUALE SU  
VIA MORELLO, IN TERRITORIO DEI COMUNI DI  
MODENA E SOLIERA**

Provincia di Modena  
Comuni di Modena e Soliera

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>NORME, DECRETI E DOCUMENTI.....</b>	<b>10</b>
2.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE .....	10
2.2	NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI .....	11
2.3	GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA.....	11
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>12</b>
3.1	CALCESTRUZZO E ACCIAIO DA ARMATURA.....	12
3.2	ACCIAIO (CARPENTERIA, BULLONI, PIOLI .....	13
3.2.1	<i>Coefficienti parziali di sicurezza .....</i>	<i>14</i>
<b>4</b>	<b>SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>16</b>
4.1	STRAUS7.....	16
4.1.1	<i>Validazione output software di calcolo.....</i>	<i>16</i>
<b>5</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO.....</b>	<b>17</b>
5.1	METODO DI CALCOLO .....	17
5.2	MODELLI DI CALCOLO PER LE TRAVI LONGITUDINALI .....	19
5.2.1	<i>Modello bidimensionale.....</i>	<i>19</i>
5.2.2	<i>Modello unifilare.....</i>	<i>20</i>
5.3	MODELLI DI CALCOLO PER I TRAVERSI .....	21
5.3.1	<i>Modello tridimensionale .....</i>	<i>21</i>
5.3.2	<i>Modello unifilare.....</i>	<i>23</i>
5.3.3	<i>Valutazione della ripartizione dei carichi da traffico sui traversi.....</i>	<i>23</i>
5.4	MODELLO DI CALCOLO PER LA SOLETTA D'IMPALCATO. ....	27
5.5	FASI DI CALCOLO .....	28
5.5.1	<i>Travi principali.....</i>	<i>28</i>
5.5.2	<i>Traversi .....</i>	<i>28</i>
5.5.3	<i>Soletta d'impalcato.....</i>	<i>29</i>
5.6	COMBINAZIONI DI CALCOLO .....	31
5.7	CRITERI DI DEFINIZIONE DELLE RESISTENZE DI CALCOLO.....	34
5.8	RIPARTIZIONE TRASVERSALE .....	34
5.9	SOLETTA COLLABORANTE PER ANALISI STRUTTURALE DEI TRAVERSI .....	37
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>39</b>
6.1	CARICHI PERMANENTI (G1 E G2).....	39
6.2	RITIRO DIFFERENZIALE FRA TRAVE E SOLETTA ( $\epsilon_2$ ).....	41
6.3	VARIAZIONE TERMICA UNIFORME ( $\epsilon_3$ ) .....	42
6.4	CEDIMENTI DIFFERENZIALI DEGLI APPOGGI ( $\epsilon_5$ ).....	42
6.5	CARICHI DA TRAFFICO (VERIFICHE DI RESISTENZA) .....	43
6.6	FRENATURA (Q3).....	44
6.7	AZIONE CENTRIFUGA (Q4) .....	44
6.8	AZIONE DEL VENTO (Q5) .....	44
6.9	TRAVI PRINCIPALI .....	48
6.9.1	<i>Classificazione delle sezioni e calcolo delle sezioni efficaci.....</i>	<i>48</i>

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento	Relazione di calcolo strutturale
6.9.2	S.L.U. - Verifica flessionale ..... 48
6.9.3	S.L.U. - Verifica a taglio ..... 49
6.9.4	S.L.U. - Verifiche di stabilità globale ..... 51
6.9.5	S.L.U. - Verifica di resistenza e deformabilità degli irrigidenti trasversali ..... 53
<b>7</b>	<b>TRAVERSI ..... 56</b>
7.1	S.L.U. - RESISTENZA DELLE SEZIONI ..... 56
7.2	S.L.E. - LIMITAZIONE DELLE TENSIONI ..... 58
<b>8</b>	<b>TRAVI LONGITUDINALI ..... 59</b>
8.1	SEZIONI DI VERIFICA SIGNIFICATIVE ..... 59
8.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO ..... 60
8.2.1	Diagrammi di sollecitazione carichi strutturali ..... 60
8.2.2	Diagrammi di sollecitazione carichi permanenti portati ..... 61
8.2.3	Diagrammi di sollecitazione carichi da vento ..... 62
8.2.4	Diagrammi di sollecitazione da ritiro ..... 63
8.2.5	Diagrammi di sollecitazione per variazione termica ..... 64
8.2.6	Diagrammi di sollecitazione carichi accidentali (traffico) ..... 65
8.3	SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE ..... 66
8.4	SOLLECITAZIONI COMBinate ..... 67
8.5	VERIFICHE STRUTTURALI ..... 70
8.5.1	Caratteristiche geometrico-inerziali e classificazione e delle sezioni ..... 70
8.5.2	SEZIONE 1 – APPOGGIO ..... 70
8.5.3	SEZIONE 2 - MEZZERIA ..... 71
8.5.4	Verifica Stabilità globale (presso-flesso-torsione) ..... 73
<b>9</b>	<b>TRAVERSO TIPICO ..... 77</b>
9.1	SEZIONI DI VERIFICA SIGNIFICATIVE ..... 77
9.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO ..... 78
9.2.1	Diagrammi di sollecitazione carichi strutturali ..... 78
9.2.2	Diagrammi di sollecitazione carichi permanenti portati ..... 79
9.2.3	Diagrammi di sollecitazione carichi accidentali (traffico) ..... 80
9.2.4	Sollecitazioni caratteristiche ..... 81
9.3	VERIFICHE STRUTTURALI ..... 82
9.3.1	Caratteristiche geometrico-inerziali e classificazione e delle sezioni ..... 82
<b>10</b>	<b>SOLETTA D'IMPALCATO ..... 85</b>
10.1	SEZIONI SIGNIFICATIVE DI VERIFICA ..... 85
10.2	CARICHI AGENTI ..... 86
10.3	CALCOLO DI FASE II ..... 90
10.3.1	Sforzi assiali ..... 91
10.3.2	Momenti flettenti ..... 95
10.4	VERIFICHE STRUTTURALI ..... 109
10.4.1	Verifiche a pressoflessione SLU ..... 109
10.4.2	Verifica a taglio SLU ..... 115
<b>11</b>	<b>APPARECCHIATURE DI APPOGGIO E GIUNTI ..... 116</b>
11.1	AZIONI APPOGGI ..... 119
11.2	VARCO E GIUNTI ..... 121
11.2.1	Dimensionamento varco ..... 121
11.2.2	Dimensionamento giunti ..... 123

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

<b>12</b>	<b>SPALLE.....</b>	<b>124</b>
12.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	124
12.1.1	Normativa di riferimento .....	124
12.1.2	Riferimenti bibliografici.....	124
	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	125
12.1.3	Acciaio.....	125
12.1.4	Calcestruzzo strutturale .....	125
12.2	CRITERI DI CALCOLO.....	126
12.2.1	Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU).....	126
12.2.2	Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).....	127
12.3	CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN CEMENTO ARMATO.....	128
12.3.1	Resistenza a sforzo normale e flessione.....	128
12.3.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....	128
12.3.3	Verifiche allo stato limite di fessurazione .....	130
12.3.4	Verifiche delle tensioni in esercizio .....	134
12.3.5	Verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico.....	135
12.4	RESISTENZA DEL DIAFRAMMA AI CARICHI ASSIALI .....	136
12.4.1	Generalità .....	136
12.4.2	Resistenza laterale di calcolo .....	137
12.4.3	Resistenza di base di calcolo .....	138
12.4.4	Resistenza caratteristica .....	139
12.4.5	Resistenza di progetto.....	140
12.5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	141
12.6	METODI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA.....	142
12.6.1	Codice di calcolo.....	143
12.6.2	Spinta della terra – Effetto dell'attrito terreno/struttura .....	143
12.6.3	Spinta della terra - Coefficienti di spinta in condizioni statiche .....	143
12.6.4	Coefficienti di spinta in condizioni sismiche .....	144
12.6.5	Azioni permanenti.....	146
12.6.6	Azioni dovute alla falda.....	146
12.6.7	Azioni variabili.....	146
12.6.8	Azioni sismiche.....	146
12.7	ASSUNZIONI DI CALCOLO .....	147
12.7.1	Caratteristiche geometriche della paratia .....	148
12.7.2	Caratteristiche dei terreni interagenti con l'opera.....	148
12.7.3	Quota di falda .....	148
12.7.4	Parametri di spinta delle terre .....	149
12.8	FASI DEL CALCOLO .....	150
12.9	ANALISI DELLA STRUTTURA - RISULTATI.....	152
12.10	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	158
12.10.1	Diaframma .....	158
12.11	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	162
12.11.1	Verifiche del complesso paratia terreno .....	162
12.11.2	Verifiche di stabilità globale.....	163
12.11.3	Verifica di resistenza ai carichi assiali .....	164
12.12	VERIFICHE DI DEFORMABILITA' .....	166
12.13	ALLEGATI .....	167
12.13.1	Output del software paratie .....	167



## **1 PREMESSA**

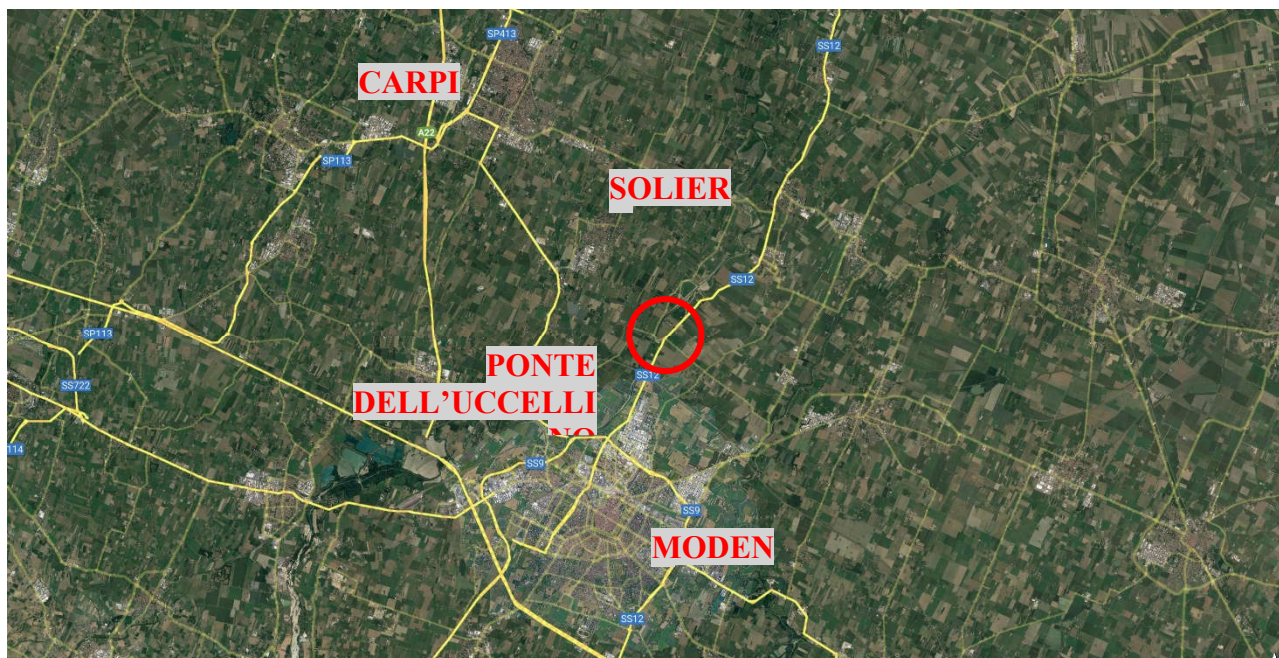
Nella presente relazione viene presentato il calcolo relativo a spalle, impalcato, sistema di appoggio nell'ambito del PROGETTO DEFINITIVO relativo all' "INTERVENTO DI COSTRUZIONE DI UN NUOVO PONTE SUL FIUME SECCHIA IN LOCALITÀ PASSO DELL'UCCELLINO E OPERE STRADALI DI MIGLIORAMENTO PUNTUALE SU VIA MORELLO".

L' area oggetto dell'intervento si trova in Comune di Modena ai confini con il Comune di Soliera verso nord ovest e si trova a nord dell'abitato della Città di Modena.

L'intervento, come indicato nella planimetria (estratto Google Earth) sotto riportata, ricade nel tratto arginato del FIUME SECCHIA dopo l'abitato di Modena e dopo circa 1.2 KM a NORD dell'intersezione tra il fiume ed il viadotto dell'alta velocità.

Il progetto del nuovo ponte prevede di sostituire l'attuale ponte "bailey" posto immediatamente a nord che oggi consente solo una percorrenza a senso unico alternato e le cui pile di sostegno ricadono all'interno dell'arginatura.

La planimetria sotto riportata evidenzia la posizione dell'intervento, all'interno di un inquadramento provinciale, dove si può intuire che l'opera è su di una direttrice importante tra Modena-Soliera-Carpi, ed altri paesi della bassa modenese.



Il progetto consiste nel rifacimento del ponte che attraversa il fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e collega Modena a Soliera.

La sezione trasversale del ponte stradale, di larghezza complessiva pari a 8.30m, è costituita da una sede carrabile di 7.00m e due cordoli esterni di larghezza complessiva pari a 1.30m. Il manufatto è un ponte a campata unica di luce di calcolo complessiva di 76.80m.

La sezione trasversale della passerella pedonale, collegata all'impalcato stradale, di larghezza complessiva pari a 3.36m alla base, è costituita da una sede transitabile di 2.50m. Il resto è dato dalla struttura portante che si collega alla trave inclinata del ponte stradale inferiormente. Essendo collegata al ponte stradale la complessiva anche in questo caso è di 76.80m.

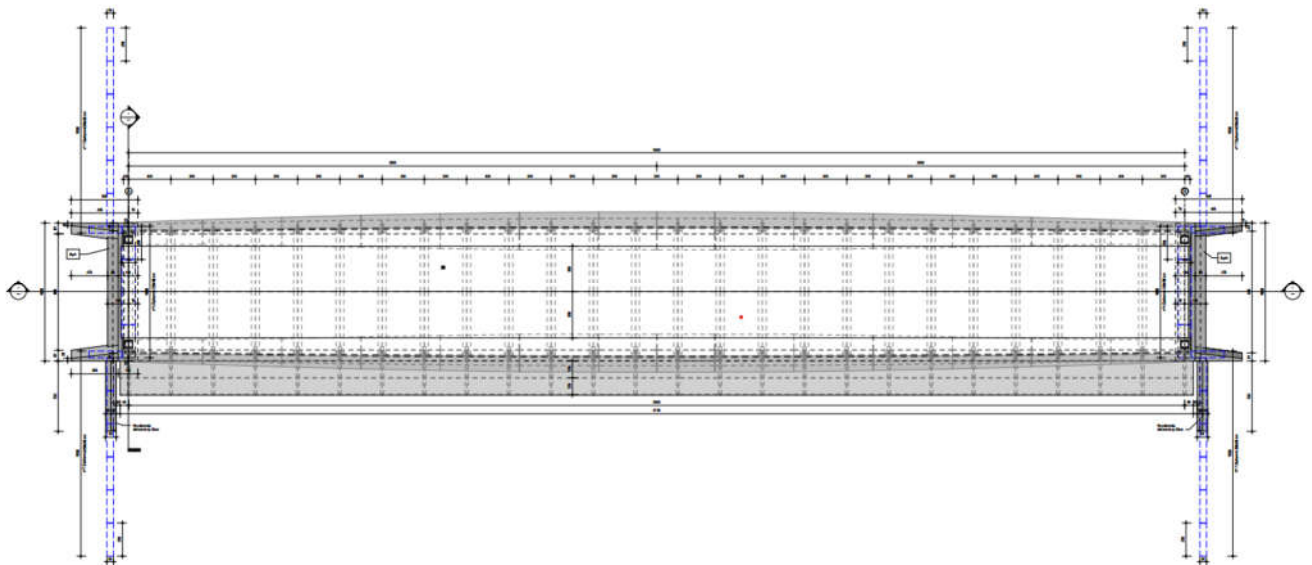
Il ponte presenta un impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo semplicemente appoggiato alle spalle secondo lo schema della trave appoggio-appoggio.

L'impalcato del ponte stradale è costituito quindi da 2 travi a "doppio T" in acciaio con anima inclinata e piattabande sfalsate ed altezza variabile da 2.73m all'appoggio a 4.50m in mezzeria. La variazione di altezza, associata all'inclinazione dell'anima fa sì che l'interasse tra le due travi sia variabile da 9.60m all'appoggio, a 10.05m in mezzeria. Ciascuna trave è scomposta in conci di lunghezza variabile. Le travi principali sono collegate trasversalmente da vari traversi intermedi posizionati a quote differenti in senso longitudinale, più bassi agli appoggi, più alti in mezzeria. Anche la piattabanda superiore ha larghezza variabile da un minimo di 633mm agli appoggi ad un massimo di 1200mm in mezzeria. e la piattabanda inferiore, invece, ha larghezza variabile da 770mm a 1200mm.

L'impalcato della passerella pedonale è costituito da travi trasversali HEB che si uniscono alla trave principale del ponte in corrispondenza dei traversi e da arcarecci longitudinali, IPE che sorreggono un grigliato keller che di sp. 3cm sopra al quale è posizionata una pavimentazione in assi di legno dello spessore di 3cm.

Si riporta di seguito una sezione trasversale del ponte stradale (e della passerella ciclopedonale), sezione longitudinale e planimetria:

### Relazione di calcolo strutturale





## Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello

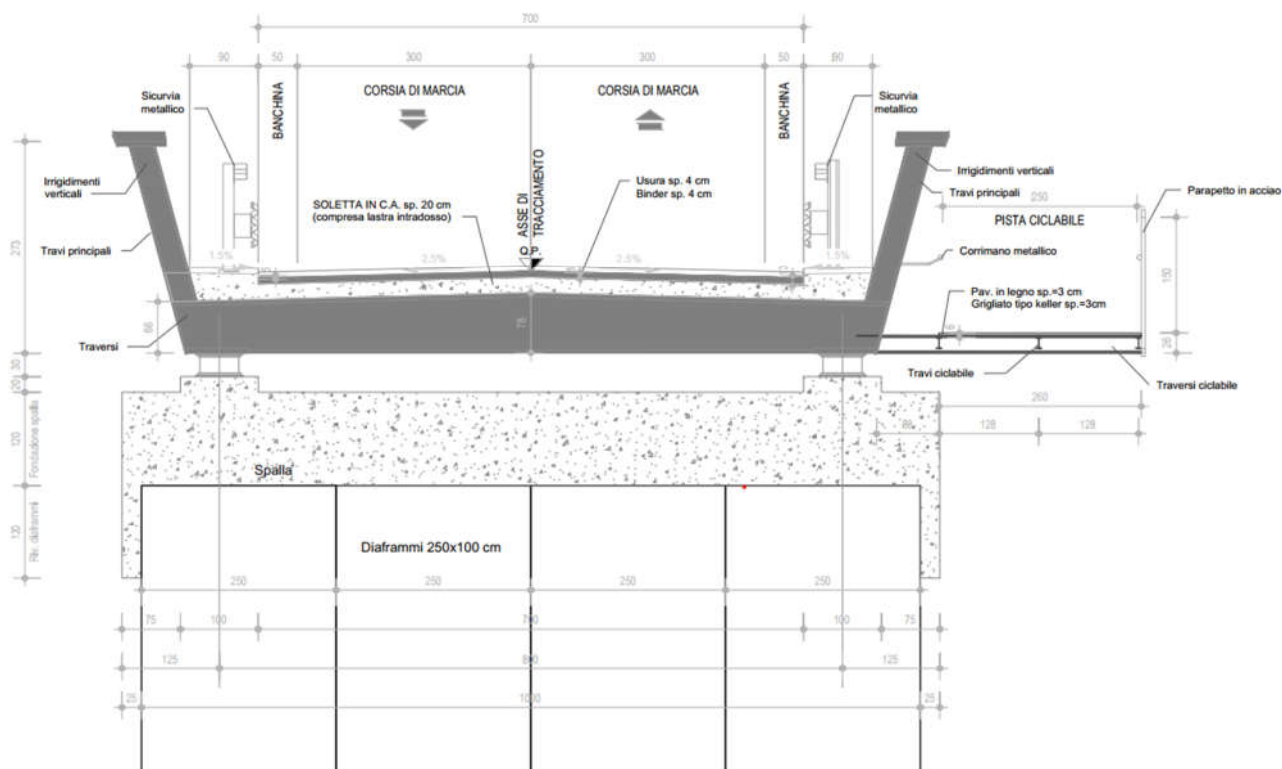
### Documento

### Relazione di calcolo strutturale

Il sistema di vincolamento è costituito da dispositivi di appoggio ed isolamento sismico in elastomero armato e cioè costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione. Tali dispositivi essendo caratterizzati da un ridotto valore della rigidezza orizzontale garantiscono un disaccoppiamento del moto orizzontale della struttura rispetto a quello del terreno ed una conseguente riduzione della risposta sismica della struttura; inoltre i dispositivi sono dotati di capacità dissipativa che è determinata dalla mescola elastomerica da cui sono costituiti e che è utile a minimizzare gli spostamenti della struttura isolata.

Le spalle del ponte stradale, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano uno sviluppo di forma rettangolare di larghezza complessiva di 10,0m attestata su di una linea di diaframmi da 250x100cm

Le spalle della passerella, realizzate in conglomerato cementizio armato, presentano uno sviluppo di forma rettangolare attestato su di una linea di diaframmi da 250x50cm



E' inoltre prevista la prosecuzione dei diaframmi anche oltre le spalle dell'opera d'arte per un tratto pari 15.50m da ogni lato.

Per gli approfondimenti si rimanda all'elaborato PD-STR-101-A\_Relazione di calcolo strutturale.

## **2 NORME, DECRETI E DOCUMENTI**

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.

### **2.1 OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE**

D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;

UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;

UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004: “Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici”;

UNI EN 1991-1-4 (Eurocodice 1) – Luglio 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento”;

UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;

UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Agosto 2005: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;

Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;

UNI EN 197-1:2011 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;

UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;

UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

UNI EN 1337 Novembre 2001 – “Appoggi Strutturali”.

## **2.2   NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI**

UNI EN 1991-2-1 (Eurocodice 1) – Marzo 2005: “Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;

UNI EN 1993-2 (Eurocodice 3) – Gennaio 2007: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 2: Ponti di acciaio”;

UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”.

## **2.3   GEOTECNICA, FONDAZIONI E GEOLOGIA**

UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;

UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;

UNI EN 1536:2010: “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”.

### **3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi seguenti. Si riportano le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

#### **3.1 CALCESTRUZZO E ACCIAIO DA ARMATURA**

##### **TABELLA MATERIALI :**

###### **CALCESTRUZZO :**

Secondo EN206 - CNR UNI 11104

###### **PALI:**

- Classe C25/30
- Classe di esposizione XC2

###### **MAGRO PER SOTTOFONDAZIONI:**

- Classe C12/15
- Classe di esposizione X0

###### **FONDAZIONI ED ELEVAZIONI:**

- Classe C28/35
- Classe di esposizione XC2

###### **SOLETTE IN C.A., CORDOLI:**

- Classe C35/45
- Classe di esposizione XF4

COPRIFERRO NOMINALE* per pali trivellati ( $\varnothing$ palo>600mm)	Cnom.=60.0mm
COPRIFERRO NOMINALE* per solette	Cnom.=35.0mm
COPRIFERRO NOMINALE* per elevazioni	Cnom.=35.0mm
COPRIFERRO NOMINALE* per fondazioni	Cnom.=40.0mm

\* EN 1992-1-1 par. 4.4.1 (2)P

###### **ACCIAIO PER C.A.:**

Secondo NTC 2018 (DM 17/01/2018)

Tipo B450C       $f_{yk} \geq 450\text{MPa}$   
                          $f_{tk} \geq 540\text{MPa}$

PER QUANTO NON SPECIFICATO, IN PARTICOLARE RELATIVAMENTE ALLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI, ALLE SPECIFICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI ED AI CONTROLLI DA ESEGUIRE, SI DOVRA' FARE RIFERIMENTO ALLE NORME TECNICHE D'APPALTO.



### **3.2 ACCIAIO (CARPENTERIA, BULLONI, PIOLI)**

#### **MATERIALI: NOTE E PRESCRIZIONI**

##### **ACCIAIO PER IMPALCATO:**

- Elementi saldati in acciaio con sp.  $\leq 20\text{mm}$  S355J0
- Elementi saldati in acciaio con  $20\text{mm} < \text{sp.} \leq 40\text{mm}$  S355J2
- Elementi saldati in acciaio con sp.  $> 40\text{mm}$  S355K2
- Elementi non saldati, angolari e piastre sciolte, S355J0 -Imbottiture S355J0

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovranno essere nei limiti della UNI EN 10025.

Prima della tracciatura dei pezzi devono essere definiti gli eventuali interventi sulla carpenteria imposti dal sistema di montaggio e varo.

Le tolleranze dimensionali per lamiere e profilati dovranno rispettare i limiti prescritti dalla UNI EN 10029 con classe di tolleranza minima A.

##### **BULLONI: NOTE E PRESCRIZIONI (Secondo DM 17.01.2018 e UNI EN 14399-1)**

- Traversi:

Giunzioni di categoria B secondo EN 1993-1-8 par.3.4. (giunzioni ad attrito allo SLE a serraggio controllato/calibrato)

Preparazione delle superfici: classe di rugosità A (EN 1090-2, tab18).

Coefficiente d'attrito:  $n=0.30$  secondo par. 4.2.8.1.1 DM 17/01/2018

##### **RIFERIMENTI NORMATIVI**

Viti e dadi: riferimento UNI EN 14399 2005, parti 3, 4 e 10.

Rosette e piastrine: riferimento UNI EN 14399 2005, parti 5 e 6.

##### **PROPRIETA' DEI MATERIALI**

Viti 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 2001

Dadi 10 secondo UNI EN 20898-2 1994

Rosette in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC32-40, secondo UNI EN 10083-2 2006.

Piastrine in acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC32-40, secondo UNI EN 10083-2 2006.

I bulloni disposti verticalmente, se possibile, avranno la testa della vite verso l'alto ed il dado verso il basso ed avranno una rosetta sotto la vite ed una sotto il dado

Superfici a contatto per giunzione ad attrito: categoria A secondo EN 1090-2,

$n=0.30$  secondo par. 4.2.8.1.1 DM 17/01/2018

Precarico secondo UNI EN 1993-1-1 (EC3)

BULLONE	PRECARICO
M18-10.9	130 KN
M20-10.9	170 KN
M24-10.9	250 KN
M27-10.9	320 KN

In ogni caso i collegamenti bullonati devono essere a serraggio controllato/calibrato.

##### **PIOLI**

Secondo UNI EN ISO 13918 e DM 17/01/2018

Pioli tipo NELSON  $\varnothing=19\text{mm}$

Acciaio ex ST 37-3K (S235J2G3+C450)

$f_y > 350\text{ MPa}$

$f_u > 450\text{ MPa}$

Allungamento  $> 15\%$

Strizione  $> 50\%$

##### **CONTROLLI**

Secondo D.M. 17/01/2018

##### **SALDATURE**

Secondo UNI EN ISO 5817

LE GIUNZIONI SALDATE DOVRANNO ESSERE REALIZZATE MEDIANTE SALDATURE A PIENA

PENETRAZIONE DI CLASSE 'B, MOLATE IN DIREZIONE DEGLI SFORZI E SOGGETTE A CONTROLLI NON

DISTRUTTIVI (CIRCOLARE 02/02/2009 n 617 C.S.LL.PP. PAR C4.2.4.1.4.4, TAB. C4.2.XV DETT.8)

E' RICHiesta APPROVAZIONE DEL PROGETTO DELLE SALDATURE DA PARTE DI ENTE CERTIFICATO.

##### **CLASSE D'ESECUZIONE STRUTTURE METALLICHE**

- Classe d'esecuzione secondo EN1090-2: EXC 3.

- Si dovrà inoltre ottemperare a tutte le prescrizioni più restrittive previste dalle NTA.

##### **NOTE GENERALI**

- E' necessario movimentare la trave con bilancini di presa in modo da evitare svergolamenti anomali in fase di sollevamento.

##### **VERNICIATURA**

- Ciclo di verniciatura secondo capitolato speciale d'appalto.

### **3.2.1 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**

$\gamma_{mo}$	1.05 verifiche S.L.U. - resistenza
$\gamma_{m1}$	1.10 verifiche S.L.U. - buckling
$\gamma_{m2}$	1.25 verifiche S.L.U. - frattura in trazione
$\gamma_{m,ser}$	1.00 verifiche S.L.E. - limitazione delle tensioni
$\gamma_{Ff}$	1.00 verifiche S.L. fatica
$\gamma_{Mf}$	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.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

**Pirolature**

$\gamma_v$	1.25 verifiche S.L.U. - resistenza
$k_s$	0.60 verifiche S.L.E.
$\gamma_{Mf}$	1.15 fail safe (vita illimitata)

riferimenti:

NTC 08 cap. 4.3.3

EN 1994-2 cap. 6.6.3.1.(1)

**Bullonature**

$\gamma_{m2}$	1.25 resistenza S.L.U.
$\gamma_{m3}$	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**

$\gamma_{m2}$	1.25 resistenza S.L.U.
$\beta_w$	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**

$\alpha_{cc}$	0.85 carichi di lunga durata (quando rilevante)
$\gamma_c$	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**

$\gamma_s$	1.15 resistenza S.L.U.
------------	------------------------

riferimenti:

NTC 08 cap. 4.1.2.1.1.3

NTC 08 cap. 4.3.3

## **4 SOFTWARE DI CALCOLO**

### **4.1 STRAUS7**

Il codice di calcolo utilizzato è Straus7, programma di modellazione strutturale agli elementi finiti di comprovata validità. Il codice è stato utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni derivanti dalle analisi statiche dell'opera. I risultati delle sollecitazioni sono stati controllati manualmente a campione mediante metodi semplificati per verificare l'ordine di grandezza dei risultati.

#### **4.1.1 Validazione output software di calcolo**

Ai sensi del punto 10.2 delle NTC 2008, si dichiara quanto segue, relativamente all'impiego di strumenti di calcolo automatizzati.

L'analisi strutturale e le verifiche sono state sviluppate con l'ausilio di codici di calcolo, cui criteri di impiego sono dettagliatamente descritti nei vari capitoli della presente relazione.

La correttezza dei risultati ottenuti per mezzo di altri strumenti di calcolo automatico viene di volta in volta valutata mediante metodologie alternative.



## **5 CRITERI DI CALCOLO**

### **5.1 METODO DI CALCOLO**

Il calcolo delle sollecitazioni gravanti sulle travi longitudinali e sulle travi trasversali dell'impalcato viene svolto mediante la realizzazione di diversi modelli agli elementi finiti realizzati con il software di calcolo Straus7.

Per determinare le sollecitazioni agenti sulle travi principali sono stati implementati due modelli agli elementi finiti:

- modello bidimensionale: mediante il quale viene valutata la quota parte di sforzo normale dovuto a ritiro e variazione termica trasferita direttamente sulla trave di acciaio. Le azioni così ricavate sono state poi implementate in un secondo modello monofilare rappresentante la trave stessa.
- modello monofilare: nel quale viene modellata la trave di acciaio appoggiata in corrispondenza delle spalle e vengono assegnati tutti i carichi da normativa descritti nell'analisi dei carichi, nonché la quota parte di ritiro e variazione termica ricavate dal modello bidimensionale. Si ottengono in tal modo le sollecitazioni agenti sulle travi principali dovute al comportamento globale.

Per determinare le sollecitazioni in corrispondenza dei traversi (tipici e di spalla) sono stati realizzati i seguenti modelli agli elementi finiti:

- modello tridimensionale: per la valutazione dell'effettiva ripartizione dei carichi da traffico. Con l'ausilio di questo modello spaziale è stato possibile determinare la quota parte di sollecitazione agente sui traversi, tali azioni sono state poi applicate ad un più semplice modello monofilare rappresentante il traverso stesso.
- modello monofilare: è stato realizzato un modello del singolo traverso sul quale sono stati assegnati i carichi permanenti e le distorsioni proporzionalmente all'area d'influenza e le azioni da traffico in funzione della ripartizione ottenuta dal modello tridimensionale. Da questo modello si sono estratte le sollecitazioni utilizzate nel dimensionamento dei traversi.

La soletta d'impalcato è stata studiata in due fasi:

- Una fase provvisoria in cui il getto di calcestruzzo è stato considerato solamente come peso, e la sezione resistente è stata attribuita alla sola lastra tralicciata con funzione di cassero.
- Una fase definitiva in cui si è considerato come reagente l'intero getto di calcestruzzo collaborante con le predalles.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

---

La prima fase è stata studiata manualmente con schema di trave in semplice appoggio (predalles non continue sui traversi). La seconda fase è stata analizzata mediante modello tridimensionale dell'impalcato per cogliere sia gli effetti locali d'inflessione della soletta che quelli globali che nascono per congruenza con le travi.

## 5.2 MODELLI DI CALCOLO PER LE TRAVI LONGITUDINALI

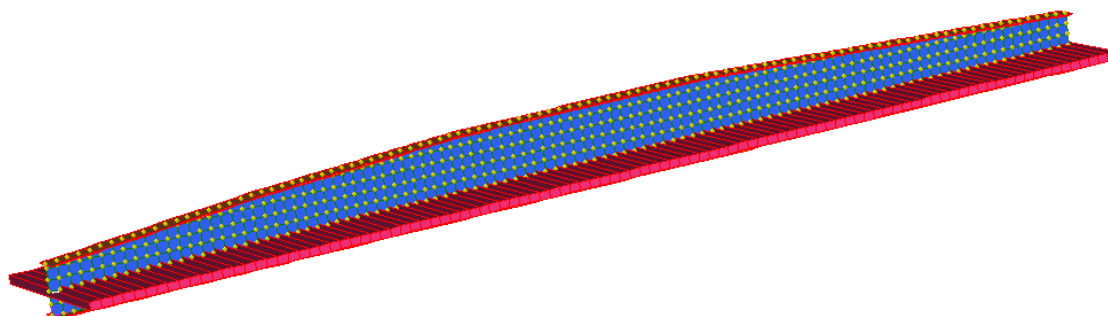
### 5.2.1 Modello bidimensionale

Il modello bidimensionale rappresentante la trave appoggiata e la soletta afferente, è costituito dai seguenti elementi:

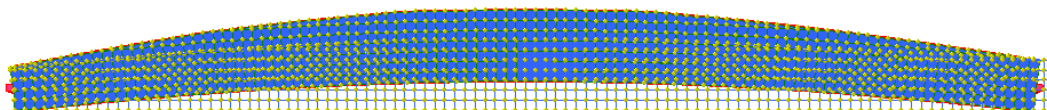
piattabande travi	modellate con elementi tipo beam
anime travi	modellati con elementi tipo shell
soletta	modellata con elementi tipo beam

Per valutare le sollecitazioni derivanti dal ritiro, al frame rappresentante la soletta è stata assegnata direttamente la deformazione da ritiro pari a  $\epsilon_{cs} = 0.00012$ . Per la valutazione delle sollecitazioni dovute alla variazione termica differenziale (escursione giornaliera) è stato sufficiente assegnare una variazione uniforme sulla soletta pari a  $\pm 10^\circ\text{C}$ .

Attraverso tale modello è stato possibile rappresentare con accuratezza il comportamento della struttura composta sottoposta all'azione delle distorsioni (ritiro e variazione termica) ed in modo particolare è stato possibile stimare la quota parte di sforzo normale da ritiro e da variazione termica trasferita direttamente alla trave di acciaio.



Modello bidimensionale trave longitudinale



Modello bidimensionale trave longitudinale. Deformata per ritiro e variazione termica  $\square T$ -

### **5.2.2 Modello unifilare**

Per determinare le sollecitazioni dovute al comportamento globale, è stata eseguita un'analisi tramite il software di calcolo Straus7, realizzando un modello monofilare agli elementi finiti costituito da elementi beam. E' stata studiata la singola trave longitudinale metallica più caricata e sono state determinate le sollecitazioni prodotte dai carichi permanenti (suddivisi in pesi strutturali e permanenti portati), e distorsioni (ritiro del conglomerato, stati coattivi).

Per valutare gli effetti dei carichi variabili da traffico, sono state utilizzate le linee d'influenza implementate nel programma di calcolo Straus7. In particolare, è stata definita una corsia sull'intero sviluppo della travata; in seguito sono state definite le colonne di carico così come prescritto dalla normativa al punto 5.1. Ai diagrammi ottenuti sono stati poi applicati coefficienti moltiplicatori che tengono conto dell'influenza, sulla trave in oggetto, delle stese di carico nella loro collocazione trasversale al ponte tenendo così in conto l'effetto della "ripartizione trasversale" descritta al punto successivo.



Figura 5-1 - Modello monofilare trave longitudinale

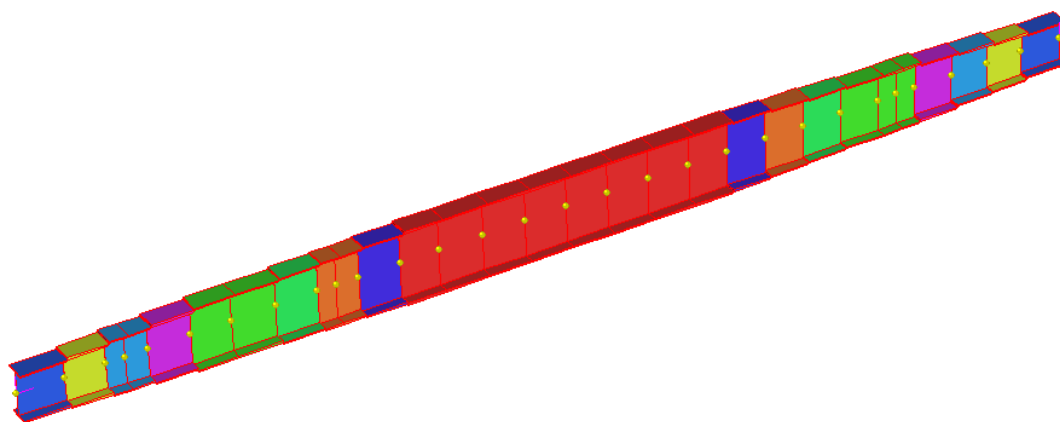


Figura 5-2 - Modello monofilare trave longitudinale. Vista solida



### **5.3 MODELLI DI CALCOLO PER I TRAVERSI**

#### **5.3.1 Modello tridimensionale**

Il modello tridimensionale realizzato è stato costruito mediante i seguenti elementi

piattabande traverso                      modellata con elemento tipo beam

anima traverso                      modellata con elementi tipo shell

soletta                      modellata con elementi tipo shell

irrigidimenti trasversali modellato con elementi tipo shell

piattabande travi                      modellata con elemento tipo frame

anima travi                      modellata con elementi tipo shell

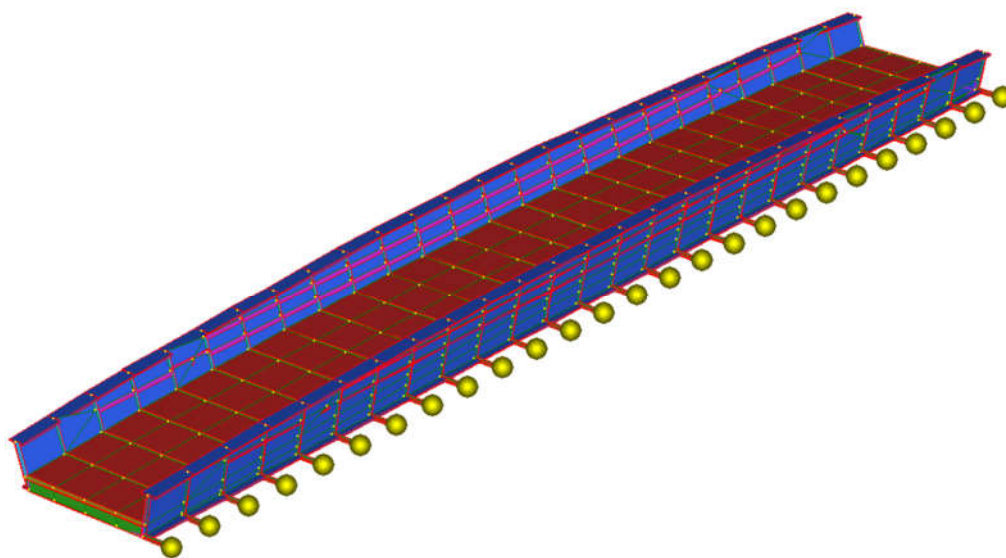
Attraverso tale modello è stato possibile rappresentare con accuratezza il comportamento locale dell'impalcato, nonché la reale ripartizione dei carichi sui traversi non apprezzabile dal semplice modello monofilare.

Nel modello tridimensionale, sono state determinate le sollecitazioni prodotte dai carichi permanenti e dalle altre azioni prescritte dalla normativa vigente. Per quanto riguarda lo studio delle azioni da traffico si fa riferimento a quanto prescritto dal NTC 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" al punto 5.1.3.3. Sono state definite delle corsie di traffico relative alla folla ed alle colonne di carico, disposte in modo da poter valutare tutte le disposizioni da traffico più sfavorevoli per la soletta e per i traversi, in modo da massimizzare le sollecitazioni flettenti positive e negative.

Il programma esegue un calcolo delle sollecitazioni dovute ai carichi mobili per ottenere le sollecitazioni massime che si possono verificare per caricamento da traffico, fornendo il diagramma di inviluppo delle sollecitazioni di interesse dovute alle colonne di carico transitanti.

Si riporta nel seguito l'immagine del modello tridimensionale completo.

I risultati ottenuti mediante il modello di calcolo tridimensionale, sono stati comprovati e validati mediante un calcolo manuale. Tali confronti hanno riportato risultati positivi e confortanti riguardo l'accuratezza del modello tridimensionale.



Modello tridimensionale dell'impalcato

### **5.3.2 Modello unifilare**

Il modello monofilare agli elementi finiti del traverso è stato realizzato utilizzando elementi tipo beam. Si è analizzato il singolo traverso e sono state determinate le sollecitazioni prodotte dai carichi permanenti (suddivisi in pesi strutturali e permanenti portati), e dalle distorsioni (ritiro del conglomerato, variazioni termica uniforme, ecc.). Per valutare gli effetti dei carichi variabili da traffico, sono stati usati gli strumenti di studio delle azioni da traffico presenti nel programma di calcolo Straus7 in modo analogo a quanto visto per la trave. L'aliquota di carico concentrato tipo tandem afferente al singolo traverso è stata valutata mediante un modello spaziale tridimensionale, rappresentato in seguito.



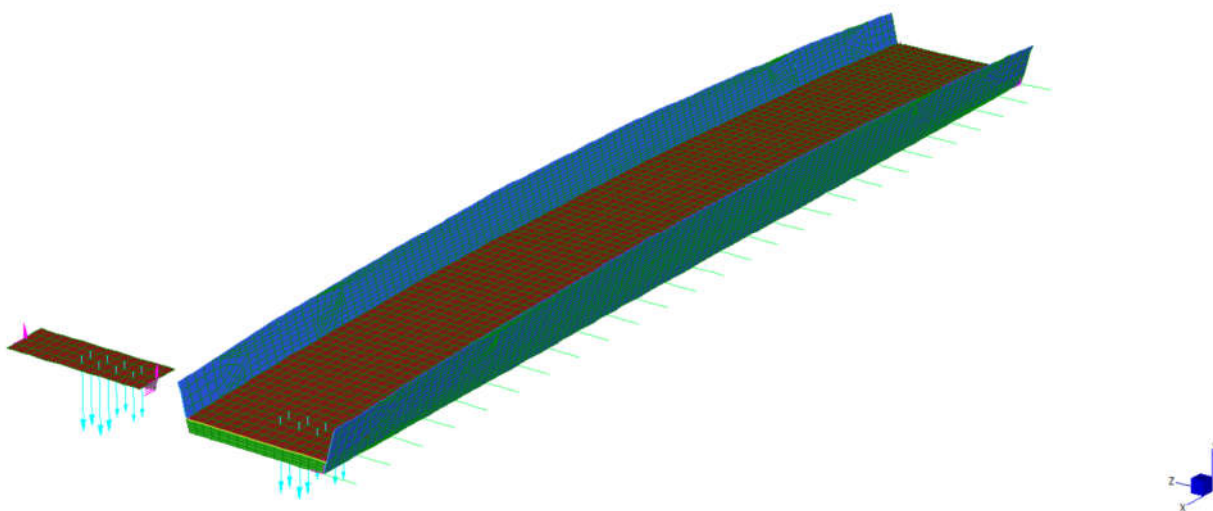
Figura 5-3 – Modello monofilare traverso

### **5.3.3 Valutazione della ripartizione dei carichi da traffico sui traversi**

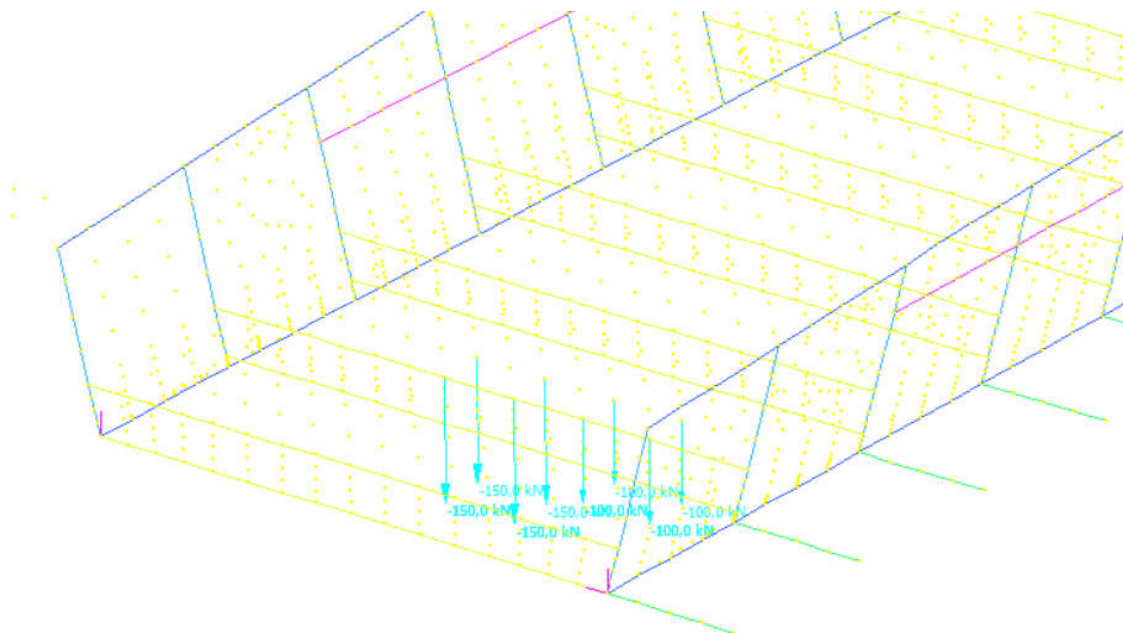
Per la valutazione dell'effettiva quota parte di carico che grava sui traversi si è proceduto al confronto tra il modello tridimensionale ed un modello composto da un singolo traverso con la porzione di soletta afferente estratto dal modello tridimensionale stesso. I due modelli presentano pertanto la medesima geometria del traverso, della soletta e condizioni di carico.

La ripartizione dei carichi tra i traversi interessa solo i carichi concentrati, pertanto le due condizioni di carico che andranno analizzate sono i concentrati dello schema di carico 1 e il modello da fatica FLM3. I valori e le geometrie dei suddetti modelli di carico sono riportati nell'analisi dei carichi.

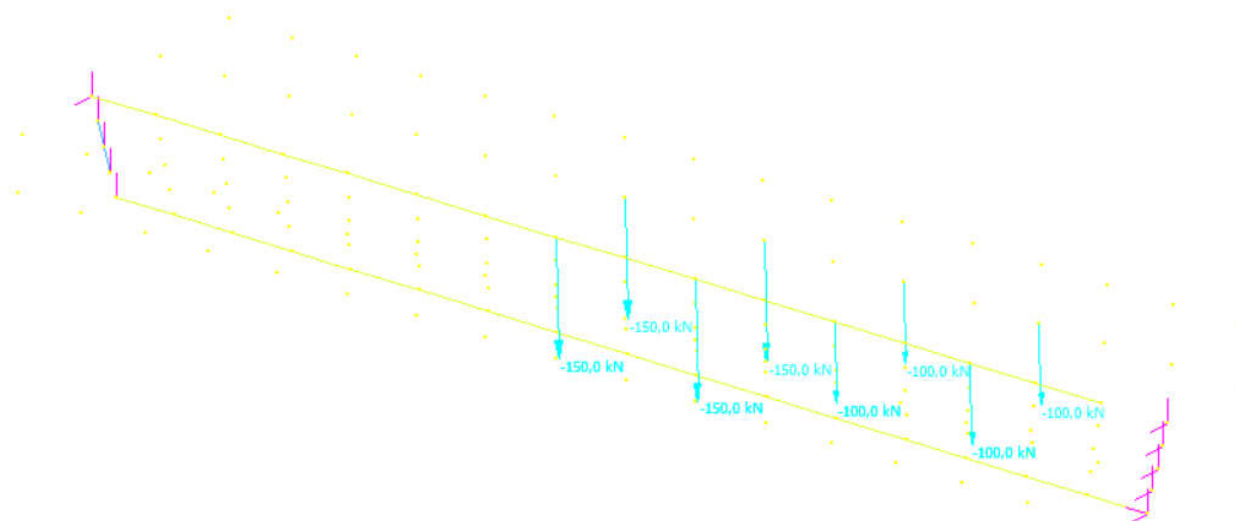
#### **5.3.3.1 Valutazioni svolte sul traverso tipico**



Modello tridimensionale dell'intero impalcato e del traverso tipico isolato



Modello tridimensionale dell'intero impalcato. Vista 3D e planimetria della disposizione dei carichi



Modello tridimensionale del traverso tipico isolato. Vista 3D e planimetria della disposizione dei carichi

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**



Modello tridimensionale dell'intero impalcato e del traverso tipico isolato. Comparazione delle deformate



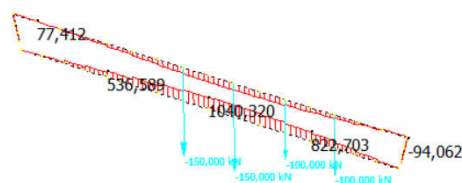
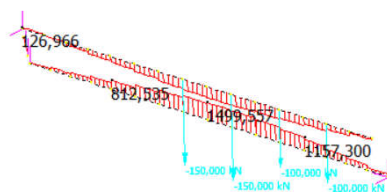
## Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello

### Documento

### Relazione di calcolo strutturale

Il modello di traverso singolo ed il modello tridimensionale sono stati caricati esattamente allo stesso modo in quanto il traverso singolo è “estratto” dal modello 3D e vincolato in semplice appoggio.

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-942,779	1499,557
	[Bm:2571]	[Bm:2572]



Modello tridimensionale dell'intero impalcato e del traverso tipico isolato. Comparazione delle sollecitazioni sulle piattabande dei traversi.

Dalle sollecitazioni ricavate dai due modelli si evince che:

Lo sforzo assiale sulla piattabanda inferiore del traverso isolato vale 1500 kN

Lo sforzo assiale sulla piattabanda inferiore del traverso inserito nel modello 3D vale 1040 kN

Pertanto sul singolo traverso tipico afferrisce il 69% dei carichi tandem.

### **5.3.3.2 Riassunto dell'analisi comparativa**

Confrontando le sollecitazioni da traffico su un traverso tipico estratte dal modello tridimensionale e quelle lette sul modello tridimensionale stesso, si evince che l'effettiva ripartizione dei carichi dovuta al comportamento tridimensionale della struttura consente di considerare sul traverso singolo delle forze concentrate da traffico ridotte rispetto al caso in cui si considerino gli assi dei carichi da traffico totalmente gravanti su un unico traverso. Le riduzioni assunte nei successivi calcoli sono riportate nella seguente tabella:

	Schema di Carico	Afferenza Calcolata	Afferenza assunta
Traverso tipico	Tandem	69%	70%

Nel seguito della relazione, si farà riferimento alle sollecitazioni ottenute dal modello monofilare.

## **5.4 MODELLO DI CALCOLO PER LA SOLETTA D'IMPALCATO.**

La fase definitiva della soletta d'impalcato è stata studiata sul modello tridimensionale nel quale sono stati implementati gli schemi di traffico più significativi (schema di carico 1 e schema di carico 2) oltre ai pesi propri e permanenti portati.

## **5.5 FASI DI CALCOLO**

### **5.5.1 Travi principali**

Lo studio delle travi principali in acciaio non è stato suddiviso in fasi poiché lo stato tensionale di questi elementi strutturali non è influenzato dalla fasistica di costruzione.

### **5.5.2 Traversi**

Trattandosi di un sistema misto acciaio-clt l'analisi delle azioni agenti e le verifiche vengono eseguite sulla base di una suddivisione in tre fasi del comportamento dell'impalcato, corrispondenti al grado di maturazione del getto di calcestruzzo e quindi ai diversi livelli di rigidità e caratteristiche statiche delle sezioni.

FASE 1 : Considera il peso proprio della struttura metallica, delle lastre prefabbricate e del getto della soletta che, in questa fase, è ancora inerte. La sezione resistente corrisponde alla sola parte metallica.

FASE 2 : Ai successivi carichi permanenti applicati alla struttura (pavimentazione, barriere, ecc.) corrisponde invece una sezione resistente mista acciaio-calcestruzzo. Per tenere in considerazione i fenomeni "lenti" che accompagnano questa fase, che interagiscono con la viscosità del calcestruzzo, si adotta per il calcestruzzo un valore del modulo elastico effettivo corrispondente a quello ottenuto adottando un coefficiente di viscosità come suggerito dalla normativa, che si traduce, in fase di verifica, a considerare un valore del coefficiente di omogeneizzazione  $n$  pari a 18.

Anche gli effetti del ritiro sono da considerarsi "lenti" in quanto concomitanti con quelli viscosi, e vengono pertanto anch'essi valutati con le caratteristiche di resistenza della sezione della fase 2. In tale fase si tiene inoltre conto degli effetti dovuti ai cedimenti differenziali delle strutture di appoggio.

FASE 3 : Corrisponde al transito dei carichi accidentali. Le sollecitazioni nella sezione resistente acciaio-calcestruzzo vengono calcolate considerando il rapporto tra i moduli elastici effettivi dei due materiali, che vale circa 6, per la classe di resistenza del calcestruzzo C35/45 adottata.

Particolare attenzione viene rivolta alla determinazione delle lunghezze delle stese di carico per ottenere in ciascuna sezione la condizione di massimo valore di taglio, di momento flettente o di momento torcente.

In tale fase si tiene inoltre conto degli effetti dovuti alla variazione termica differenziale e dell'azione del vento.

### **5.5.3 Soletta d'impalcato**

Le verifiche vengono condotte con riferimento a due fasi distinte.

#### **FASE I: PROVVISORIALE**

Nella prima fase il getto non è ancora giunto a maturazione, non può quindi essere considerato efficace ai fini della resistenza, in questa fase risultano quindi efficaci le sole armature delle prédalle e la predalle in acciaio stessa. Le azioni presenti sono costituite dal peso proprio delle lastre, dal getto e da un sovraccarico accidentale dovuto al personale, ai mezzi d'opera e ad accumuli di conglomerato cementizio.

#### **FASE II: DEFINITIVA**

Nella seconda fase si fa riferimento alla sezione completa, composta cioè sia dal calcestruzzo e sia dalle lastre delle prédalles che le armature inserite in opera. Le sollecitazioni (Permanenti portati e variabili) indotte dai carichi, sono ricavate dal modello tridimensionale.

Riassumendo:

Fase I: Peso proprio predalles e getto → sollecitazioni da schema di trave schema appoggio-appoggio e resistente la sola lastra tralicciata.

Fase II: Pesi portati e traffico → sollecitazioni da modello tridimensionale (schema definitivo) e resistente l'intera sezione.

### **5.5.3.1 Valori dei coefficienti di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo ( $\epsilon_4$ )**

#### **FASE DI ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICA**

Si determinano i valori dei coefficienti di omogeneizzazione acciaio - calcestruzzo in accordo con le NTC come evidenziato nel seguito.

La soletta, realizzata in conglomerato cementizio di resistenza caratteristica C35/45, ha modulo elastico istantaneo pari a:

$$E_{cl,0} = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625 \text{ N/mm}^2$$

Il coefficiente di omogeneizzazione per azioni di breve durata risulta pertanto:

$$n = E_s / E_{cl,0} = 210000 / 34625 = 6.06 \quad \text{si assume } n = 6$$

Il coefficiente finale di viscosità per il conglomerato della soletta, sottoposto a maturazione in ambiente con umidità relativa di circa 55% e avente dimensione fittizia  $\alpha = 2A_c/u > 60$  (rapporto tra l'area della sezione della soletta e il perimetro della stessa a contatto con l'atmosfera), risulta:  $\phi(t_\infty, t_0) = 2$

in cui è stato assunto  $t_0$ , tempo di applicazione dei carichi permanenti responsabili di effetti viscosi, superiore a 60 giorni. Noto il valore del coefficiente di viscosità si ricava il modulo elastico del conglomerato a tempo infinito:

$$E_{cl,\infty} = E_{cl,0} / [1 + \phi(t_\infty, t_0)] = 11541 \text{ N/mm}^2$$

Pertanto il coefficiente di omogeneizzazione a tempo infinito risulta:

$$n = E_s / E_{cl,\infty} = 210000 / 11541 = 18.2 \quad \text{si assume } n = 18$$

In sintesi si ha:

$n = \infty$  : reagente solo la trave in acciaio sotto l'azione dei pesi strutturali;

$n = 18$ : reagenti trave e soletta collaborante sotto l'azione di carichi differiti (permanentemente portati, ritiro, cedimenti....);

$n = 6$ : reagenti trave e soletta collaborante sotto l'azione di carichi istantanei (carichi accidentali, variazioni termiche, vento....).



## **5.6 COMBINAZIONI DI CALCOLO**

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

I carichi considerati nelle verifiche sono nominati, come suggerito dalla norma, con la nomenclatura di seguito riportata:

- g1      Peso proprio degli elementi strutturali
- g2      Peso proprio dei carichi permanenti portati (pavimentazioni, parapetti ecc...)
- g3      Altre azioni permanenti
- ε1      Distorsioni e presollecitazioni di progetto
- ε2      Ritiro e Viscosità
- ε3      Variazioni termiche
- ε4      Cedimenti vincolari
- q1      Carichi variabili da traffico
- q2      Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità
- q3      Azione longitudinale di frenamento o accelerazione
- q4      Azione centrifuga
- q5      Azioni di Neve e Vento
- q6      Azioni Sismiche
- q7      Resistenze passive dei vincoli
- q8      Urto di veicolo in svio

Le combinazioni di carico sono state determinate in riferimento al par. 5.1.3.12 e 2.5.3 del D.M. 14/01/2008 e di seguito riportate:

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

$$\sum_{i=1}^3 \gamma_{gi} \cdot g_i + \sum_{i=1}^4 \gamma_{\varepsilon i} \cdot \varepsilon_i + \gamma_Q \cdot q_1 + \sum_{i=2}^7 \gamma_{qi} \cdot \psi_{0i} \cdot q_i$$

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili

$$\sum_{i=1}^3 g_i + \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i + q_1 + \sum_{i=2}^7 \psi_{0i} \cdot q_i \quad \square$$

Combinazione frequente (SLE),, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

$$\sum_{i=1}^3 g_i + \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i + \psi_{11} \cdot q_1 + \sum_{i=2}^7 \psi_{2i} \cdot q_i \quad \square$$

Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$\sum_{i=1}^3 g_i + \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i + \sum_{i=2}^7 \psi_{2i} \cdot q_i$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + \sum_{i=1}^3 g_i + \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i + \sum_{i=2}^7 \psi_{2i} \cdot q_i$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi agli urti ed altre azioni eccezionali

$$\sum_{i=1}^3 g_i + \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i + q_{8/9} + \sum_{i=2}^7 \psi_{2i} \cdot q_i$$

Nelle quali:

Le azioni eccezionali connesse agli urti sono prese singolarmente per ogni combinazione.

L'azione sismica verticale non è significativa nel dimensionamento dell'impalcato in quanto non contemporanea al traffico.

I coefficienti di combinazione considerati nel calcolo sono di seguito riportati:

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\varepsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\varepsilon 2}, \gamma_{\varepsilon 3}, \gamma_{\varepsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1.20 per effetti locali

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Tabella dei coefficienti parziali per i ponti

<i>Azioni</i>	<i>Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)</i>	<i>Coefficiente <math>\psi_0</math> di combinazione</i>	<i>Coefficiente <math>\psi_1</math> (valori frequenti)</i>	<i>Coefficiente <math>\psi_2</math> (valori quasi permanenti)</i>
<i>Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)</i>	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
<i>Vento <math>q_s</math></i>	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
<i>Neve <math>q_s</math></i>	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
<i>Temperatura</i>	$T_k$	0,6	0,6	0,5

Tabella dei coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

## **5.7 CRITERI DI DEFINIZIONE DELLE RESISTENZE DI CALCOLO**

Le resistenze di calcolo adottate per le verifiche strutturali sono definite come segue:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

In cui:

$f_d$  : Resistenza di calcolo

$f_k$  : Resistenza caratteristica

$\gamma_m$ : coefficiente parziale del materiale

I coefficienti parziali dei materiali adottati, conformi con le NTC 08 sono riportati nella seguente tabella:

Carpenteria metallica	Resistenza delle sezioni	$\gamma_{Mo}$	1.05
	Resistenza all'instabilità	$\gamma_{M1}$	1.10
	Resistenza alla rottura	$\gamma_{M2}$	1.25
	Resistenza dei pioli	$\gamma_v$	1.25
	Resistenza alla fatica	$\gamma_f$	1.35
	Resistenza a scorrimento SLE delle bullonature	$\gamma_{M3}$	1.10
Cemento armato	Resistenza del conglomerato	$\gamma_c$	1.5
	Resistenza dell'armatura	$\gamma_s$	1.15

La resistenza del conglomerato è valutata prendendo in conto il coefficiente riduttivo della resistenza per fenomeni di lunga durata  $\alpha_{cc}=0.85$ .

## **5.8 RIPARTIZIONE TRASVERSALE**

Schema di carico 1

La ripartizione trasversale dei carichi accidentali è stata operata secondo la teoria di Courbon-Albenga. Per una posizione eccentrica dei carichi si avrà una rotazione rigida della sezione trasversale dell'impalcato che comporterà un aumento delle sollecitazioni nella trave longitudinale posta dalla parte dell'eccentricità stessa. Il carico sulla trave i-esima dovuto ad una colonna di carico posta ad eccentricità e dal centro dell'impalcato, sarà valutato secondo la seguente relazione.

$$P_i = P \cdot \frac{1}{n} + \frac{e \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n d_i^2}$$

P<sub>i</sub> = Porzione di carico accidentale sulla trave considerata

n = numero di travi

e = eccentricità del carico rispetto a centro dell'impalcato

d<sub>i</sub> = distanza della trave i-esima dal centro dell'impalcato

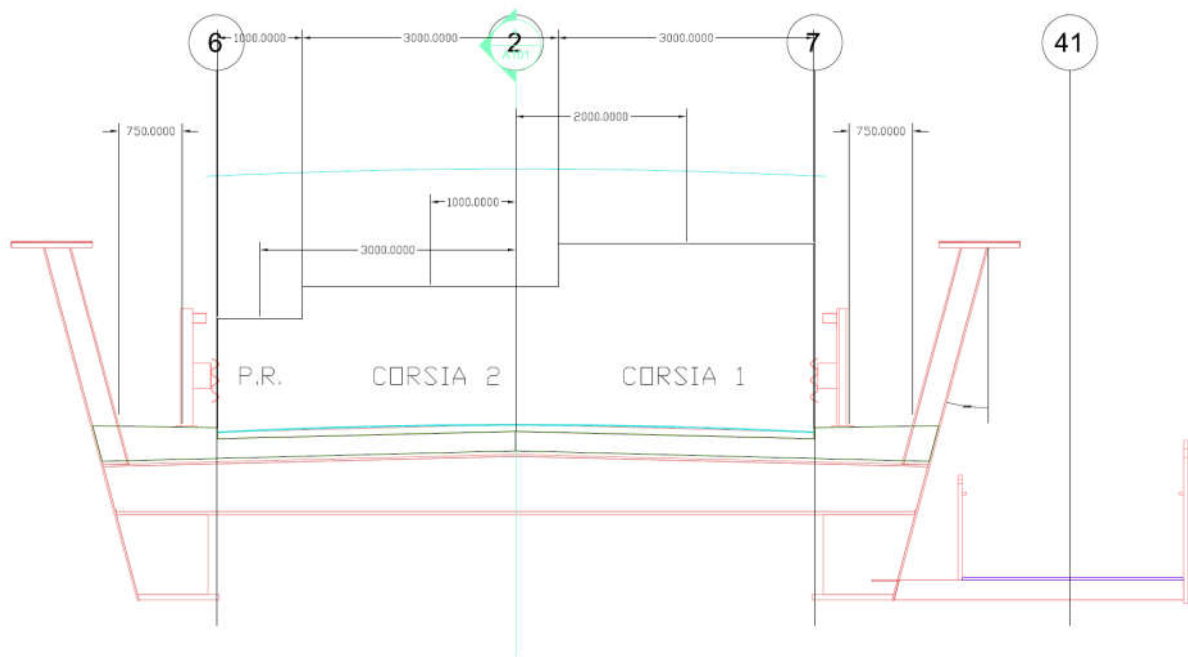
Si indica con:

d<sub>1</sub> = -6375 mm

d<sub>2</sub> = 6375 mm

n = 2 numero di travi

Per quanto riguarda i carichi tandem si riporta il calcolo riferito ad un solo asse (200 kN o 300 kN). Nei calcoli poi svolti verranno considerati entrambi i carichi concentrati, distanziati longitudinalmente a 1.20m, e ciascuno di intensità pari a quanto determinato nel seguito, sulla base del singolo asse.



Distribuzione di carico adottata per massimizzare le sollecitazioni sulla trave

Risulta:

Carico distribuito da traffico:

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

N°Travi	2	Carico_F	27	kN	Carico_F	7,5	kN	Carico_F	2,5	kN			
eccentricità			2	m	eccentricità			-1	m	eccentricità		-3	m
d_trave 1	4,90	m	k1	<b>0,7041</b>	19,01	k1	<b>0,3980</b>	2,98	k1	<b>0,1939</b>	0,48		
d_trave 2	-4,90	m	k2	<b>0,2959</b>	7,99	k2	<b>0,6020</b>	4,52	k2	<b>0,8061</b>	2,02		

Carico distribuito da folla:

N°Travi	2	Carico_F	6,5	kN
eccentricità			-6	m
d_trave 1	4,90	m k1	<b>-0,1122</b>	-0,73
d_trave 2	-4,90	m k2	<b>1,1122</b>	7,23

Carico tandem :

N°Travi	2	Carico_F	300	kN	Carico_F	200	kN	Carico_F	0	kN			
eccentricità			2	m	eccentricità			-1	m	eccentricità		-3	m
d_trave 1	4,90	m	k1	<b>0,7041</b>	211,22	k1	<b>0,3980</b>	79,59	k1	<b>0,1939</b>	0,00		
d_trave 2	-4,90	m	k2	<b>0,2959</b>	88,78	k2	<b>0,6020</b>	120,41	k2	<b>0,8061</b>	0,00		

Di conseguenza si ottiene un carico distribuito e concentrato sulla trave di bordo pari a:

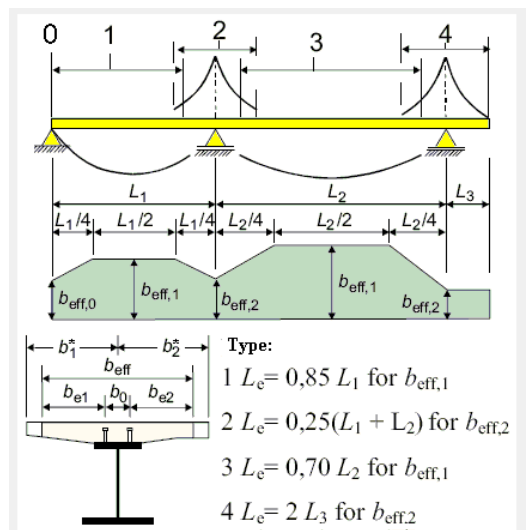
$$q = 22.48 + 7.23 = \mathbf{29.71 \text{ kN/m}}$$

$$Q = \mathbf{290.82 \text{ kN}}$$



## 5.9 SOLETTA COLLABORANTE PER ANALISI STRUTTURALE DEI TRAVERSI

La larghezza collaborante di soletta da considerare per l'analisi della trave è definita, secondo il punto 4.3.2.3 del D.M. 2008, in funzione dell'interasse delle travi e delle condizioni di vincolamento. Le larghezza collaborante per le diverse sezioni di verifica è calcolata come segue:



Nella tabella sottostante vengono riassunti i parametri di calcolo delle larghezze collaboranti relative ai traversi:

Traverso tipico:

$b_{eff} = 3200\text{mm}$

TRAVE ESTERNA			Appoggio Spalla A	1° Campata (di Riva)
Ingombro massimo connettori	b0	[mm]	300,00	300,00
Semi area di influenza sx (a bordo ponte)	b1*	[mm]	1.600,00	1.600,00
Semi area di influenza dx	b2*	[mm]	1.600,00	1.600,00
Ubicazione Sezione di studio			L estremità	L estremità
Luce di calcolo	L	[mm]	9.800,00	9.800,00
$L_i/L_{i+1}$			-	-
Check su applicabilità metodo: $0.6 < L_i/L_{i+1} < 1.66$			-	-
Appoggio di estremità			si	no
Tipologia zona di calcolo			1,00	1,00
Coeff. di vincolo			0,85	0,85
Luce equivalente	Le	[mm]	8.330,00	8.330,00
Larghezza di diffusione sx	be1	[mm]	1.041,25	1.041,25
Larghezza di diffusione dx	be2	[mm]	1.041,25	1.041,25

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Coefficiente riduttivo su appoggi sx	$\beta_1$		0,7500	1,0000
Coefficiente riduttivo su appoggi dx	$\beta_2$		0,7500	1,0000
Larghezza efficace soletta	beff	[mm]	<b>1.861,88</b>	<b>2.382,50</b>

## **6 ANALISI DEI CARICHI**

### **6.1 CARICHI PERMANENTI (G1 E G2)**

Dalle valutazioni dei carichi permanenti risulta:

Per l'IMPALCATO STRADALE

Pesi strutturali:

Struttura in acciaio: $(5.000 \times 9.80) = 49.00 \text{ kN/m}$	si assume	49.00 kN/m
--	-----------	------------

Soletta e cordoli in calcestruzzo: $(25 \times 2.40) = 60.00 \text{ kN/m}$	si assume	60.00 kN/m
--	-----------	------------

Totale pesi strutturali	-----	109.00 kN/m
-------------------------	-------	-------------

Pesi strutturali su ogni trave		54.50 kN/m
--------------------------------	--	------------

Permanenti portati:

Pavimentazione: $(2.50 \times 7.00) = 17.50 \text{ kN/m}$	si assume	17.50 kN/m
---	-----------	------------

Barriera+parapetto: $2 \times 1.50 = 3.00 \text{ kN/m}$	si assume	3.00 kN/m
---	-----------	-----------

Totale finiture	-----	20.50 kN/m
-----------------	-------	------------

Finiture su ogni trave		10.25 kN/m
------------------------	--	------------

Per la PASSERELLA PEDONALE:

Pesi strutturali:

Struttura in acciaio: $(1.50 \times 2.60) = 3.90 \text{ kN/m}$	si assume	3.90 kN/m
--	-----------	-----------

Grigliato Keller $(0.70 \times 2.60) = 1.82 \text{ kN/m}$	si assume	1.82 kN/m
---	-----------	-----------

Tavolato: $8 \times 0.03 \times 2.60 = 0.62 \text{ kN/m}$	si assume	0.62 kN/m
---	-----------	-----------

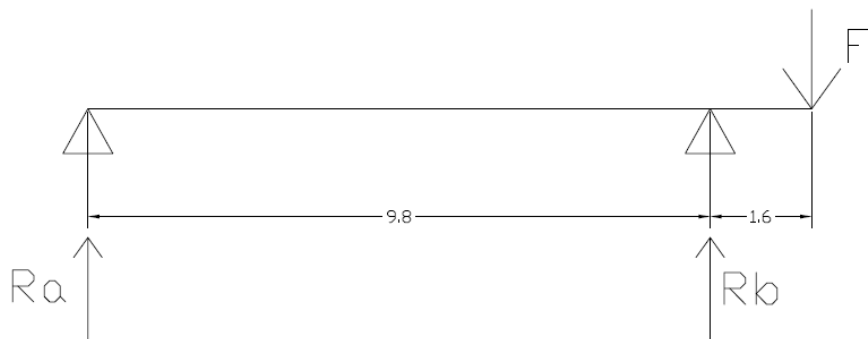
Totale pesi strutturali	-----	6.34 kN/m
-------------------------	-------	-----------

Permanenti portati:

Parapetto: $(2 \times 0.50) = 1.00 \text{ kN/m}$	si assume	1.00 kN/m
--	-----------	-----------

Totale finiture	-----	1.00 kN/m
-----------------	-------	-----------

Dalla pista ciclabile si ottiene sulla trave dell'impalcato, lato pista una reazione di:



Si ottiene:

$$F_{STR} = 6.34 \text{ kN/m} \rightarrow R_{bSTR} = 7.34 \text{ kN/m}$$

$$F_{PePo} = 1.00 \text{ kN/m} \rightarrow R_{bSTR} = 1.16 \text{ kN/m}$$

Quindi in definitiva sulla trave di impalcato si ha:

$$q_{STR} = 54.50 + 7.34 = 61.84 \text{ kN/m}$$

$$q_{PePo} = 10.25 + 1.16 = 11.41 \text{ kN/m}$$

## 6.2 RITIRO DIFFERENZIALE FRA TRAVE E SOLETTA ( $\epsilon_2$ )

L'azione da ritiro è stata determinata secondo il punto 11.2.10.6 delle NTC 08. Si è considerato un calcestruzzo a ritiro compensato. La dilatazione lineare specifica finale da ritiro per il conglomerato della soletta, sottoposto a maturazione in ambiente con umidità relativa di circa 55% e avente dimensione fittizia  $h_0 = 2A_c/u \cong 60$  (rapporto tra l'area della sezione della soletta e il perimetro della stessa a contatto con l'atmosfera), risulta:

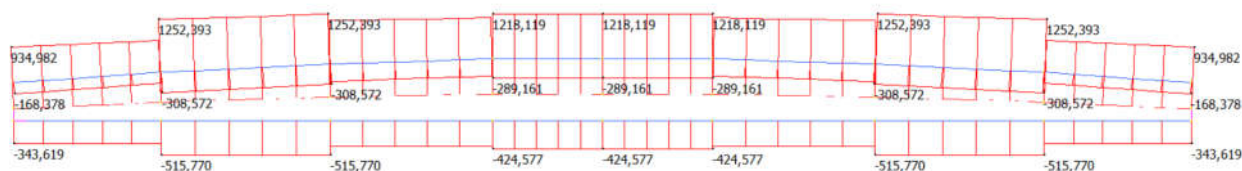
$$\epsilon_{sh} = 0.00012$$

in cui è stato assunto  $t_0$ , età del conglomerato a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro, compreso tra 8 e 60 giorni.

Al fine di determinare la quota parte di sollecitazione legata alla distorsione che mette in carico la trave, l'effetto del ritiro è stato implementato nel modello bidimensionale descritto in precedenza.

Al rilascio dei vincoli ausiliari è tesa al massimo 1252 kN (dedotto dal modello), quindi l'azione da ritiro da applicare alla trave metallica sarà 1252 kN di compressione.

	MIN	MAX
AxForce(kN)	-515,770	1252,393
[Bm:2]	[Bm:8]	



Deformata della trave e sforzi assiali conseguenti al ritiro

Per i traversi, essendo elementi composti acciaio-calcestruzzo, si sono valutati separatamente gli effetti primari del ritiro e gli effetti secondari (dovuti all'iperstaticità della struttura). Gli effetti primari vengono valutati con la formula:

$$N_r = \epsilon_{sh} * E_s / n_f * 2b * b_{eff} * t_{cls}$$

$$M_r = N_r * e$$

In particolare con "e" si è indicata l'eccentricità fra il baricentro della soletta e il baricentro della sezione composta omogeneizzata. In sede di verifica tensionale, nella soletta, alle tensioni indotte da  $N_r$  e  $M_r$  si aggiunge lo stato di coazione locale di trazione.

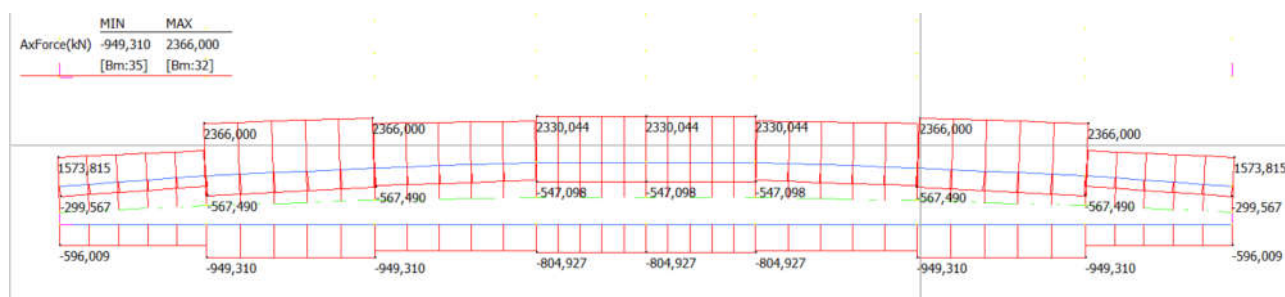
### 6.3 VARIAZIONE TERMICA UNIFORME ( $\epsilon_3$ )

Nelle strutture miste, vista la differente inerzia termica dei materiali che costituiscono l'impalcato, si considera una variazione termica uniforme sulla soletta di  $\pm 10^\circ\text{C}$ , come da indicazioni in EC1 Parte 5 Cap 6.1 previsto dall'Approccio 2 per impalcati misti acciaio-calcestruzzo. Questa coazione è stata trattata in termini analoghi al ritiro: si sono cioè implementati gli effetti iperstatici nel modello Straus7, e gli effetti isostatici sono calcolati sezione per sezione in Ponti EC4 così come descritto per il ritiro. La dilatazione termica differenziale considerata nei calcoli è la seguente:

$$\square \Delta T = \alpha \square \Delta T = 1,2 \text{ E-}5 \times 10 = 1.2 \text{ E-}4$$

Dal modello piano, imponendo una dilatazione alla soletta pari alla variazione termica, si ottiene lo stato tensionale finale della struttura conseguente alla distorsione imposta.

Al rilascio dei vincoli ausiliari è tesa al massimo 2366 kN (dedotto dal modello), quindi l'azione da variazione termica da applicare alla trave metallica sarà 2366kN.



Deformata della trave e sforzi assiali conseguenti al  $\Delta T$  di contrazione

Per la dilatazione termica l'effetto è lo stesso con segno opposto.

### 6.4 CEDIMENTI DIFFERENZIALI DEGLI APPOGGI ( $\epsilon_5$ )

La struttura è isostatica, pertanto i cedimenti differenziali non inducono stati di sollecitazione.



## **6.5 CARICHI DA TRAFFICO (VERIFICHE DI RESISTENZA)**

Si seguono le disposizioni contenute nel D.M. 2008, cap. 5.1.3.3.5, equivalenti a quelle contenute in EN 1991-2. Si fa riferimento a ponti di I categoria.

Nel caso in esame, la carreggiata, di larghezza utile pari a 7.00 m, è in grado di ospitare 2 corsie di carico intere di larghezza convenzionale pari a 3.0 m ciascuna più la restante parte rimanente.

Corsia di carico n.1 costituita da:

Schema di carico n.1: n. 4 carichi concentrati da 150 kN disposti a interasse 2.00m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale

Carico uniformemente ripartito d'intensità 9.0 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 3.00m

Corsia di carico n. 2 costituita da:

Schema di carico n.1 ridotto: n. 4 carichi concentrati da 100 kN disposti a interasse 2.00 m in direzione longitudinale al viadotto e 1.2 m in direzione trasversale

Carico uniformemente ripartito d'intensità 2.5 kN/m<sup>2</sup> su una larghezza di 3.00 m.

Si valuta infine la porzione di carreggiata restante che viene caricata tramite la parte rimanente di carico, in grado di produrre la massima sollecitazione sulla trave analizzata.

Verifiche locali

Per le verifiche locali della soletta d'impalcato si ricorre allo schema di carico globale oltre al "Modello di carico 2" (LM2), 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.

## **6.6 FRENATURA (Q3)**

Tale sollecitazione non è presa in considerazione poiché nel nostro caso produce sollecitazioni trascurabili sugli elementi d'impalcato.

## **6.7 AZIONE CENTRIFUGA (Q4)**

L'azione non è significativa in quanto il ponte è rettilineo.

## **6.8 AZIONE DEL VENTO (Q5)**

L'azione si considera convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e agente sulla proiezione verticale delle superfici direttamente investite. Oltre alla sagoma dell'impalcato, si considerano investiti dal vento i carichi transitanti assimilati ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3m a partire dal piano stradale.

Per il calcolo della pressione che il vento esercita sull'impalcato si fa riferimento a quanto riportato nel paragrafo 3.3 delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e alle indicazioni contenute nella sezione 8 dell'EN 1991-1-4 .

La velocità di riferimento del vento è stato determinato a partire dai seguenti valori tabellati:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

La pressione cinetica di riferimento è pari a:

$$q_b = 0.5 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

La pressione del vento si determina a partire dal valore di pressione cinetica di riferimento:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove  $c_e$  è il coefficiente di esposizione,  $c_p$  è il coefficiente di forma funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento,  $c_d$  è il

# Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello

## Documento

## Relazione di calcolo strutturale

coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

Si riportano le tabelle riassuntive del calcolo della pressione del vento:

### 2) Emilia Romagna

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
2	25	750	0,015
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			50
$T_R$ (Tempo di ritorno)			50
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			25
$\alpha_R(T_R)$			1,00
$v_b(T_R) = v_b \times \alpha_R$ [m/s]			25,00
$p$ (pressione [kN/m <sup>2</sup> ] con $c_p$ unitario) = $q_b c_e c_d$			0,919
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [kN/m <sup>2</sup> ])			0,391
$c_e$ (coefficiente di esposizione)			2,352
$c_t$ (coefficiente di topografia)			1,00
$c_d$ (coefficiente dinamico)			1,00



### D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Quota del punto considerato rispetto al suolo  
Distanza media dalla costa in linea d'aria

10 m  
150 km

(distanze negative per costruzioni in mare)

ZONE 1,2,3,4,5					
	costa	mare	500m	750m	
	2 km	10 km	30 km		
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	II	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5					
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria II in zona 1					

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	costa	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Categoria di esposizione	Classe di rugosità	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
II	D	0,19	0,05	4

# Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello

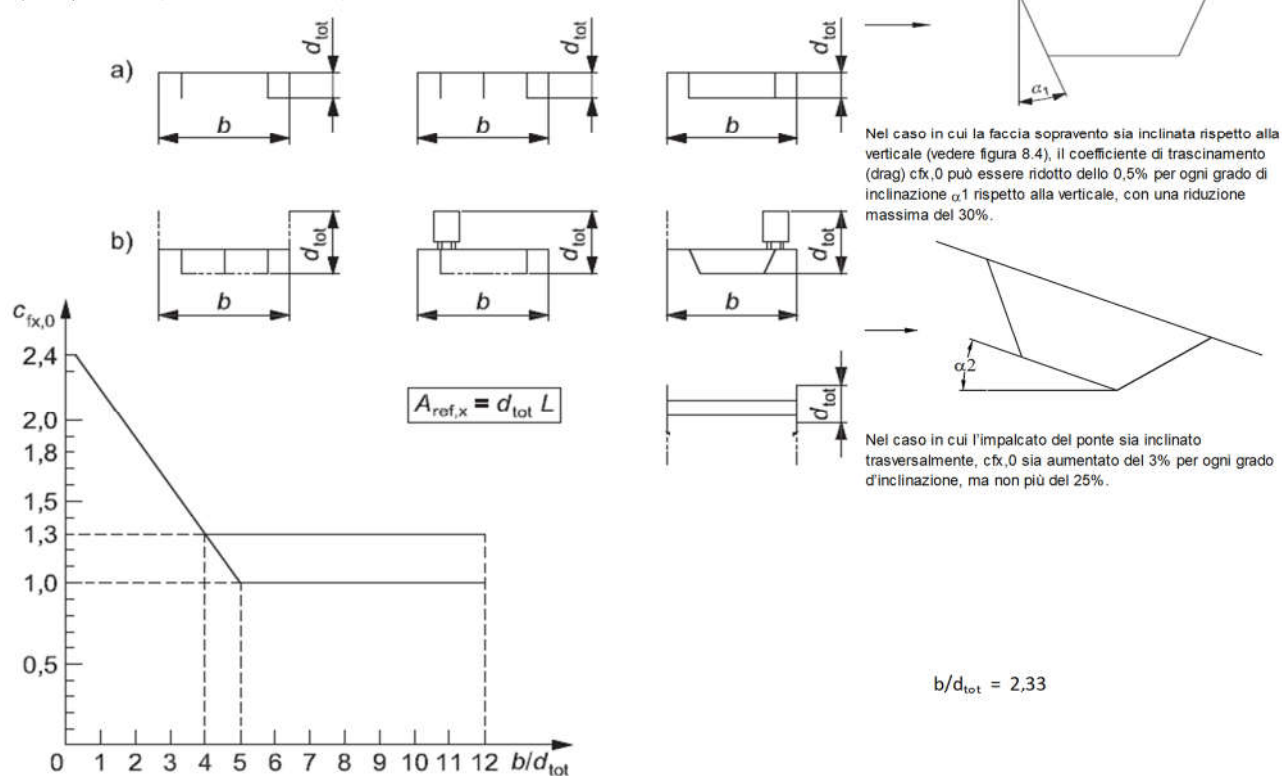
## Documento

## Relazione di calcolo strutturale

b [m]	d <sub>tot</sub> [m]	C <sub>fx,0</sub>	α <sub>1</sub> [°]	K α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub> [°]	K α <sub>1</sub>	C <sub>f</sub>	p [kN/m <sup>2</sup> ]
9,80	4,20	1,77	15,00	0,08	0,00	0,00	1,6	1,50
Parapetti solidi, barriere antirumore, barriere di sicurezza solide o traffico:							Curva b)	

a) Fase di costruzione, parapetti aperti (aperti più del 50%) e barriere di sicurezza aperte

b) Parapetti solidi, barriere antirumore, barriere di sicurezza solide o traffico



prospetto 8.1

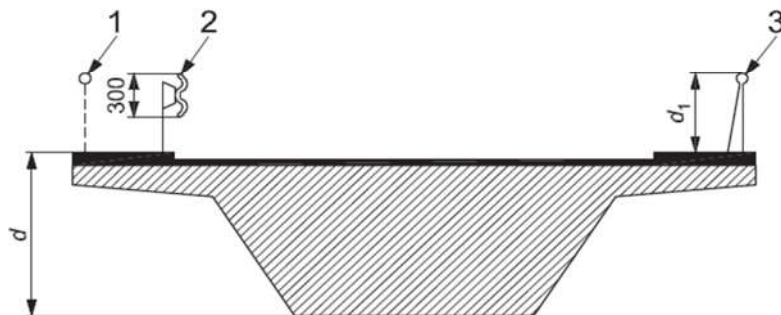
Altezza  $d_{tot}$  da impiegarsi per il calcolo di  $A_{ref,x}$

Sistema di ritenuta	su un lato	su entrambi i lati
Parapetto aperto o barriera di sicurezza aperta	$d + 0,3 \text{ m}$	$d + 0,6 \text{ m}$
Parapetto a parete piena o barriera di sicurezza a parete piena	$d + d_1$	$d + 2 d_1$
Parapetto aperto e barriera di sicurezza aperta	$d + 0,6 \text{ m}$	$d + 1,2 \text{ m}$

Legenda

- 1 Parapetti aperti
- 2 Barriere di sicurezza aperte
- 3 Parapetti, barriere antirumore o barriere di sicurezza a parete piena

Dimensioni in millimetri



Si considera una pressione cinetica  $p_w = 1.50 \text{ kN/m}^2$  diretta ortogonalmente all'asse del ponte.

Sull'impalcato, oltre al carico trasversale uniformemente distribuito, viene associata anche una coppia torcente. La torsione viene applicata mediante due carichi verticali uniformemente distribuiti, uno per ogni trave, equivalenti al momento di trasporto della risultante della azione del vento sull'impalcato fino alla quota che rappresenta l'asse della trave.

L'azione orizzontale distribuita all'altezza dell'asse baricentrico risulta:

$$q_v = p_v \times H = 1.50 \times 5 = 7.50 \text{ kN/m}$$

dove:

$H = 5.00 \text{ m}$  altezza investita dal vento (ingombro impalcato e ingombro veicolo standard)

Il momento che ne consegue risulta:

$$m_v = q_v \times (H/2) = 7.50 \times (5/2) = 18.75 \text{ kNm/m}.$$

Il carico verticale generato dal vento sulla trave è:

$$q_{vert} = 18.75/9.80 = 1.9 \text{ kN/m}$$

Dove  $9.80 \text{ m}$  indica l'interasse delle travi espresso in m.

Si assume quindi  $q_v = 1.90 \text{ kN/m}$  per la singola trave.

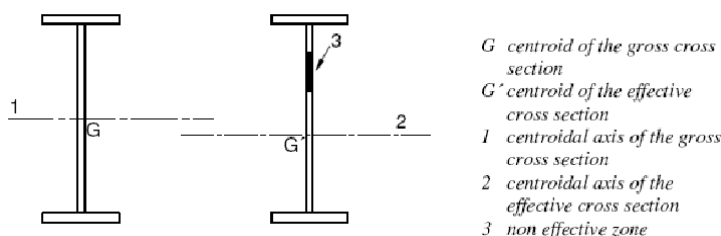
## CRITERI DI VERIFICA

### 6.9 TRAVI PRINCIPALI

#### 6.9.1 Classificazione delle sezioni e calcolo delle sezioni efficaci

Nelle tabelle di verifica esposte nel seguito, sono riportate la classificazione delle sezioni trasversali in accordo a EN 1994-2, 5.5.1, nonché in riferimento a quanto indicato nella normativa tecnica al punto 4.2.3.1 tabelle 4.2.I e 4.2.II.

Ove le sezioni ricadano in classe 1 o 2 è applicabile la verifica plastica, mentre per le sezioni in classe 3 è lecito effettuare la verifica di resistenza della sezione facendo riferimento allo stato limite elastico della sezione completa. Qualora la sezione venga classificata in classe 4 la sezione resistente efficace è stata determinata secondo il procedimento esposto in UNI EN1993-1-5, 4.3, 4.4, 4.5



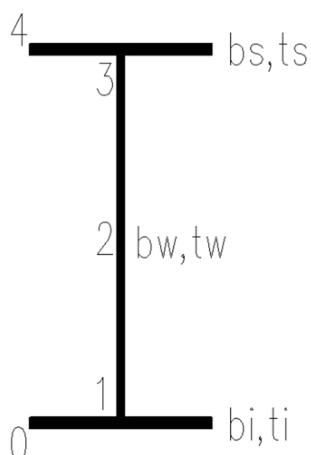
L'approccio basato sulla riduzione della sezione trasversale è articolato nei seguenti passi:

- a) Determinazione della distribuzione delle tensioni normali sulla sezione lorda
- b) Riduzione delle piattebande in classe 4
- c) Calcolo della distribuzione delle tensioni normali sulla sezione efficace
- d) A partire da questa distribuzione, determinazione della sezione con anima ridotta
- e) Determinazione della distribuzione di tensioni normali sulla sezione efficace calcolata al punto d
- f) Confronto fra la distribuzione di tensioni del punto c) e quella di cui al punto e): se queste risultano molto diverse si ripetono gli step d) ed e).

#### 6.9.2 S.L.U. - Verifica flessionale

Si è valutato il massimo rapporto di sfruttamento elastico  $\eta \leq 1$ , con riferimento alle caratteristiche geometriche lorde o efficaci seconda della classe della sezione (3 o 4). Le caratteristiche geometriche efficaci sono 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'asse neutro.

Le tensioni sono valutate in corrispondenza delle 5 fibre indicate nello schema seguente.



### 6.9.3 S.L.U. - Verifica a taglio

Per sezioni non soggette a "shear buckling" viene effettuato il calcolo del taglio resistente plastico, ed il calcolo del rapporto di sfruttamento a taglio.

Per quelle invece soggette a "shear buckling" viene valutato il coefficiente di riduzione  $\chi_w$ , e successivamente valutato il taglio resistente  $V_{b,Rd}$  come somma dei contributi resistenti dell'anima  $V_{bw,Rd}$  e, se applicabile, delle flange  $V_{bf,Rd}$ , secondo la procedura indicata nell'EN1993-1-5.

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 e 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 e 4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico  $\bar{\eta}_1$  in luogo di quello plastico  $\bar{\eta}_1$ , 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). Inoltre in EN 1993-1-5 7.1 (2) è indicato che la verifica deve essere effettuata a distanza maggiore di  $h_w/2$  dalla sezione di appoggio.

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:



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

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

$M_{f,Rd} = M_{f(N),Rd}$  (sezione costituita dalle sole flange)

Si rileva che la disuguaglianza 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 e 4, il momento di progetto  $M_{Ed}$  viene valutato sulla base degli stress cumulati nella fibra più sollecitata ( $M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} * \sigma_{x,i} |$ ).

#### **6.9.4 S.L.U. - Verifiche di stabilità globale**

Le strutture da ponte a via inferiore necessitano il controllo della stabilità della piattabanda superiore della trave la quale, dove compressa, necessita di accorgimenti che impediscano sbandamenti laterali. Nel caso in esame gli unici elementi che svolgono la funzione di ritegno trasversale delle piattabande superiori sono gli irrigidimenti trasversali i quali congiuntamente ai traversi vanno a formare una serie di portali rovesci a passo regolare. I portali svolgono quindi un lavoro di ritegno orizzontale cedevole sulle piattabande superiori e necessitano di rigidità flessionale sufficiente per impedire fenomeni di instabilità.

La verifica di tali elementi viene svolta secondo quanto indicato nelle UNI EN 1993-2: 2006 § 6.3.4.2 ed UNI EN 1993-1-1 §§ 6.3.1/6.3.2/6.3.3.

In particolare la norma prescrive una verifica combinata di instabilità assiale e flesso-torsionale dell'intera trave. La verifica risulta soddisfatta quando:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd} \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \right)} \leq 1.00$$

Dove:

$N_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ : Valori di progetto delle sollecitazioni sulla trave

$N_{b,Rd}$ ,  $M_{b,Rd}$ : Sforzo normale e momento flettente resistenti ridotti per effetti di instabilità.

In particolare  $N_{b,Rd}$  può essere espresso come segue:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{Per sezioni in classe 1, 2, 3}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{Per sezioni in classe 4}$$

Mentre  $M_{b,Rd}$  può essere espresso come segue:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Dove:

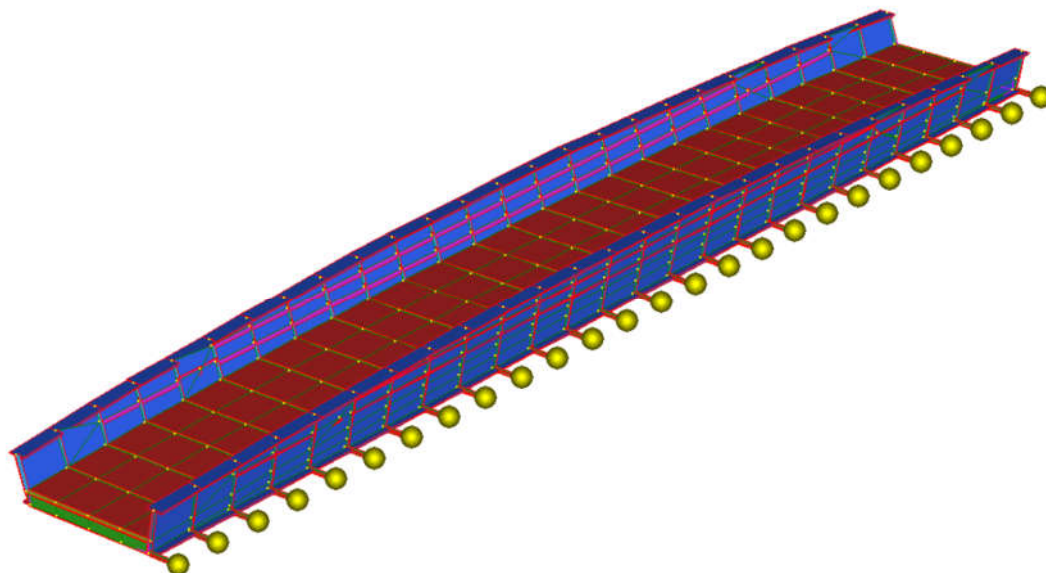
$W = W_{pl,y}$  Per sezioni in classe 1 o 2

$W = W_{el,y}$  Per sezioni in classe 3

$W = W_{eff,y}$  Per sezioni in classe 4

Per ulteriori dettagli sul significato dei termini riportati si rimanda alle normative citate.

Secondo quanto indicato nella UNI EN 1993-2: 2006 § 6.3.4.2 (4) il valore di  $\chi_{LT}$  viene calcolato in funzione di  $N_{crit}$ , sforzo normale critico della piattabanda compressa. Il valore di  $N_{crit}$  è stato calcolato mediante un'analisi di buckling della struttura tridimensionale implementata in Straus7, rappresentata nella figura seguente:



### **6.9.5 S.L.U. - Verifica di resistenza e deformabilità degli irrigidenti trasversali**

Nella tipologia d'impalcato in esame, gli irrigidenti trasversali hanno una duplice funzione:

Fungono da stabilizzatori della piattabanda superiore compressa come montati verticali di un portale rovescio formato col traverso.

Fungono da stabilizzatori dell'anima fuori dal suo piano, assorbendo anche la quota parte di taglio che eccede il carico critico del pannello d'anima.

Le azioni sugli irrigidenti correlati alla prima funzione sono calcolate facendo riferimento alla UNI EN 1993-2: 2006 § 6.3.4.2 (5), per la quale nelle membrature compresse gli effetti dati da imperfezioni iniziali e di secondo ordine, sui portali rovesci di supporto, possono essere messe in conto applicando una forza laterale  $F_{Ed}$  in corrispondenza della connessione della membratura con l'irrigidente.

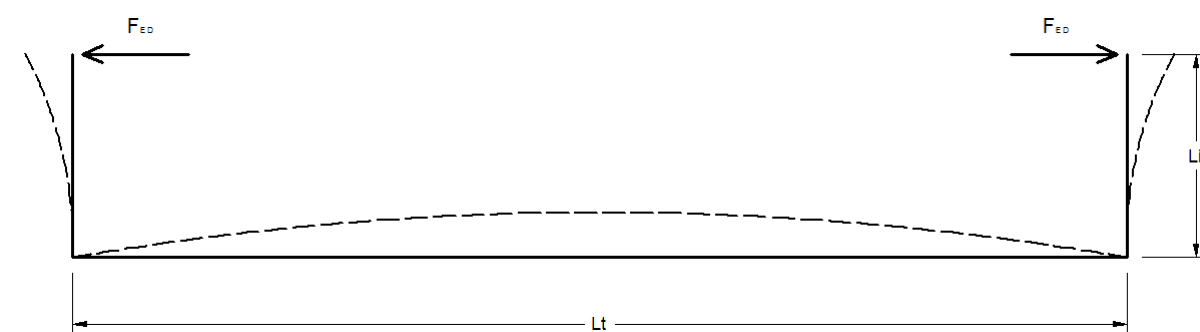
La forza  $F_{Ed}$  è calcolata come segue:

$$F_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{100} \quad \text{per } l_k \leq 1.2 l$$

$$F_{Ed} = \frac{l}{l_k} \frac{N_{Ed}}{80} \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} \quad \text{per } l_k > 1.2 l$$

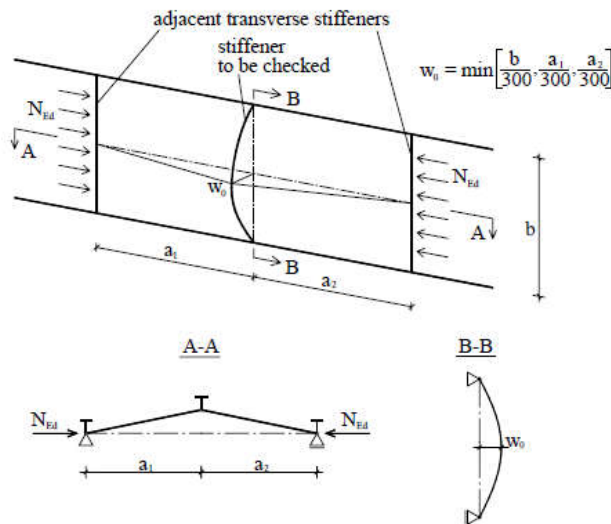
Dove:

$$l_k = \pi \sqrt{\frac{EI}{N_{crit}}}$$



Concomitante all'azione  $F_{Ed}$  legata alla stabilità della piattabanda, si è considerata l'azione concentrata del traffico che per effetto tridimensionale, legato alla rigidità dei portali adiacenti, incrementa il momento sull'irrigidente.

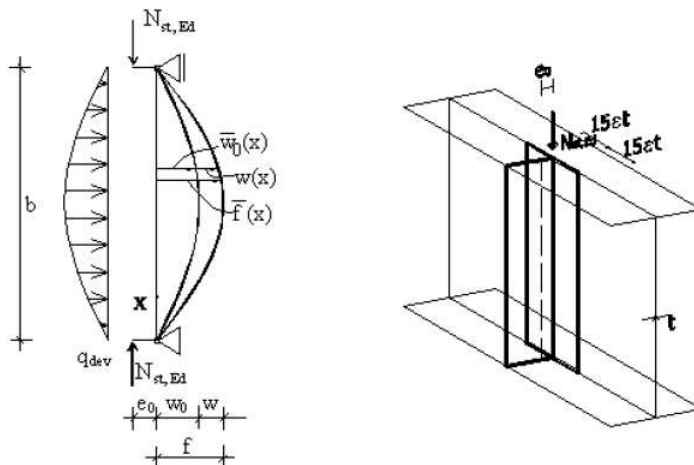
Per quanto riguarda invece le azioni correlate alla seconda funzione, in accordo a quanto indicato nella UNI EN 1993-1-5: 2006



La verifica dell'irrigidente dev'esser condotta in termini di resistenza e deformabilità, in particolare:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}} ; \quad w \leq \frac{b}{300}$$

Lo schema di calcolo utilizzato è il seguente:



In cui  $q_{dev}$  è funzione dello sforzo di compressione nel piano dell'anima, e  $N_{st,ED}$  è calcolato come indicato al punto 9.3.3 della norma UNI EN 1993 1-5 e nella circolare applicativa delle NTC al punto C.4.2.4.1.3.4, secondo la seguente relazione:

$$N_{st,ED} = V_{ED} - V_{cr}$$

$$V_{cr} = \frac{f_{yw} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \lambda_w^2 \cdot \gamma_{M1}}$$

Per gli irrigidenti che presentano asimmetrie rispetto al piano dell'anima, l'eccentricità tra il baricentro dell'irrigidente e il piano dell'anima stesso è stata tenuta in conto nelle verifiche strutturali.

Introducendo le seguenti espressioni

$$\Delta N_{st,ED} = \frac{\sigma_m b^2}{\pi^2}$$
$$\Sigma N_{st,ED} = N_{st,ED} + \Delta N_{st,ED}$$
$$q_m = \frac{N_{st,ED} e_0}{\Sigma N_{st,ED} w_0}$$

Le verifiche sono condotte secondo le seguenti relazioni dedotte dallo studio di Bege e Dujc

(D. Beg, J. Dujc, Eccentric loading on single sided transverse stiffeners, background document DB-C008 to EN 1993-1-5, 2005.)

$$\sigma_{max} = \frac{N_{st,ED}}{A_{st}} + \frac{\Sigma N_{st,ED} \cdot e_{max} \cdot w_0}{I_{st}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\Sigma N_{st,ED}}{N_{cr,st}}} (1 + 1.11 \cdot q_m) \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$
$$w = w_0 \cdot \frac{1}{\frac{N_{cr,st}}{\Sigma N_{st,ED}} - 1} (1 + 1.25 \cdot q_m) \leq \frac{b}{300}$$

## **7 TRAVERSI**

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono state svolte in accordo con le NTC-08 cap 4.2, 4.3 e relative istruzioni nonché con quanto contenuto nei seguenti eurocodici:

EN 1993-1-1, EN1993-1-5, EN 1993-2, EN1994-1-1, EN 1994-2.

Nell'ambito dei vari stati limite considerati si effettuano, a livello sezionale, le seguenti verifiche:

Verifiche di resistenza flessionale SLU della trave composta

Verifica Plastica(quando applicabile)

Verifica tensionale (quando non applicabile la verifica plastica)

Verifica di resistenza al taglio SLU

Verifica Plastica

Shear Buckling

Controllo intenzione Taglio-Flessione

Verifiche di controllo tensionale SLE

Verifica delle connessioni trave-soletta (piolature) SLU e SLE

Stabilità dei pannelli d'anima in esercizio (web breathing)

Verifiche di fatica

Il complesso delle precedenti verifiche viene effettuato in automatico dal programma "Ponti EC4" per tutte le sezioni significative del ponte. Nel seguito vengono espone in dettaglio i criteri di verifica adottati.

### **7.1 S.L.U. - RESISTENZA DELLE SEZIONI**

Le verifica di resistenza delle sezioni allo S.L.U. viene effettuata attraverso i seguenti passaggi:

- Preclassificazione della sezione

Effettuata sulla base delle caratteristiche geometriche dei singoli sotto componenti

- Analisi plastica

Tracciamento dei domini di resistenza della sezione  $N/M_{rd}$  ed  $N/M_{f,rd}$  (quest'ultimo è il 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

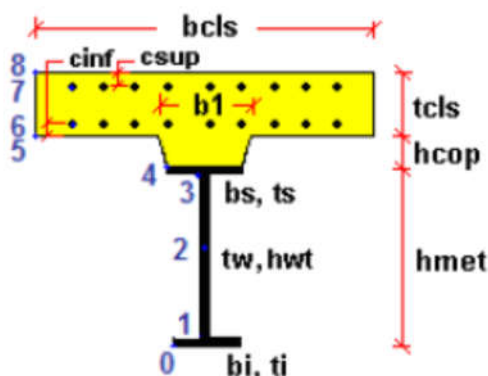
- Verifica a plastica a pressoflessione (sezioni cl. 1 e 2):

Valutazione del massimo rapporto di sfruttamento plastico  $\eta \leq 1$ ; 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  $\eta_1$ , effettuata rispettivamente per le sezioni in classe 3 e 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'asse neutro.

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



Nell'ambito del calcolo tensionale, la soletta viene considerata fessurata (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  $\phi_w$ , e successivamente valutato il taglio resistente  $V_b, R_d$  come somma dei contributi resistenti dell'anima  $V_{bw}, R_d$  e, se applicabile, delle flange  $V_{bf}, R_d$ , secondo la procedura indicata nell' EN1993-1-5.

- 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 e 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 e 4, è l'utilizzo sistematico del rapporto di sfruttamento elastico  $\eta_1$  in luogo di quello plastico  $\bar{\eta}_1$ , 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). Inoltre in EN 1993-1-5 7.1 (2) è indicato che la verifica deve essere effettuata a distanza maggiore di  $h_w/2$  dalla sezione di appoggio.

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:

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

$M_{f,Rd} = M_f(N),Rd$  (sezione costituita dalle sole flange)

Si rileva 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 e 4, il momento di progetto  $M_{Ed}$  viene valutato sulla base degli stress cumulati nella fibra più sollecitata ( $M_{Ed,eq} = \max | W_{xi} \cdot \sigma_{x,i} |$ ).

## **7.2 S.L.E. - LIMITAZIONE DELLE TENSIONI**

La verifica viene condotta puntualmente, sulla sezione omogenizzata, con riferimento alle tensioni di Von Mises valutate sotto la combinazione fondamentale S.L.E. rara.

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{y,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \cdot \sigma_{y,Ed} + 3 \cdot \tau_{Ed}^2 \leq \left( f_{yk} / \gamma_{m,ser} \right)^2$$

dove:

$\sigma_{x,Ed}$  è il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;

$\sigma_{z,Ed}$  è il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membratura;

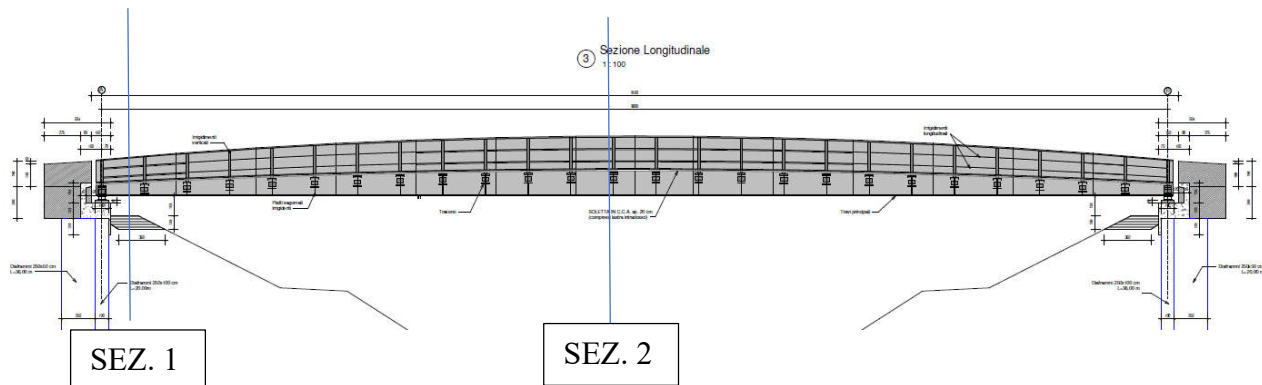
$\tau_{Ed}$  è il valore di calcolo della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.

$\gamma_{m,ser} = 1.0$  è il coefficiente da applicare al materiale in condizioni di esercizio secondo le EN 1993-2 e EN 1994-2.

I punti di verifica in cui sono valutate le tensioni sono sempre gli stessi della figura precedente.

## 8 TRAVI LONGITUDINALI

### 8.1 SEZIONI DI VERIFICA SIGNIFICATIVE



Definendo un ipotetico sistema di riferimento con asse "x" in direzione dello sviluppo longitudinale dell'impalcato, posizionato in asse tracciamento, con origine sull'asse appoggi della spalla A, le sezioni di verifica prese in considerazione per la trave longitudinale sono le seguenti:

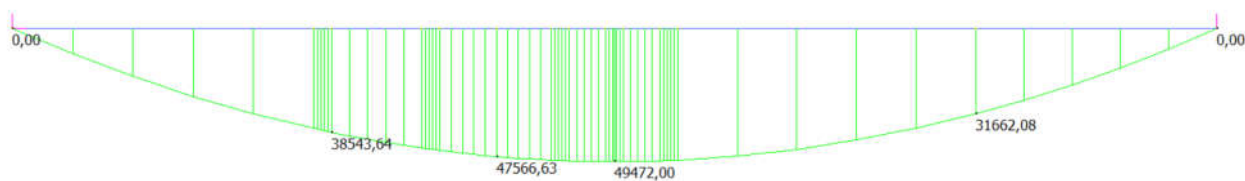
Sez 1 -  $x = 0.00$  m (sezione di spalla)

Sez 2 -  $x = 40.00$  m (sezione di mezzera ponte)

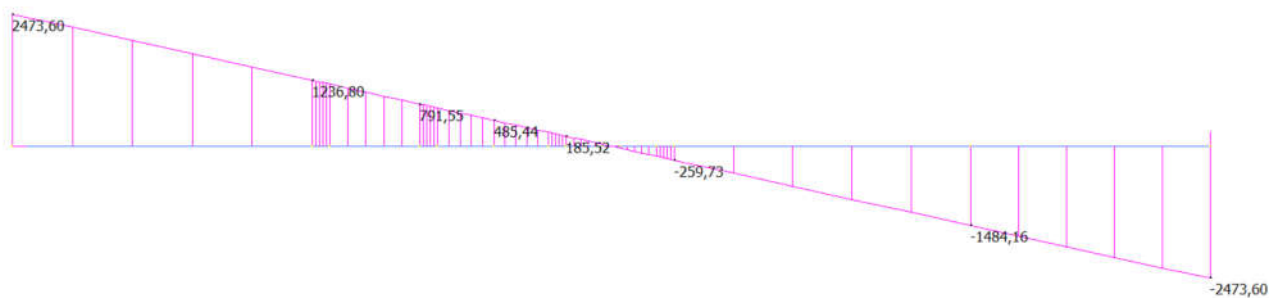
## 8.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

### 8.2.1 Diagrammi di sollecitazione carichi strutturali

Momento flettente [kNm]

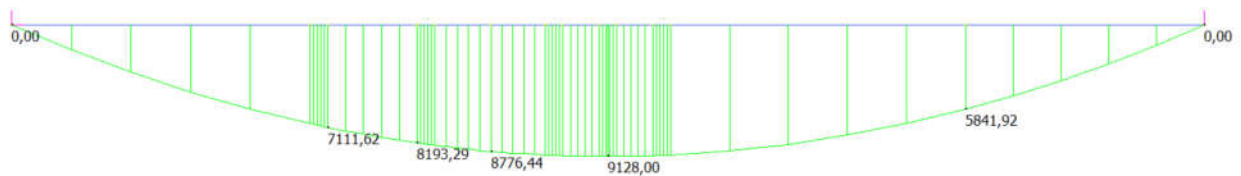


Taglio [kN]

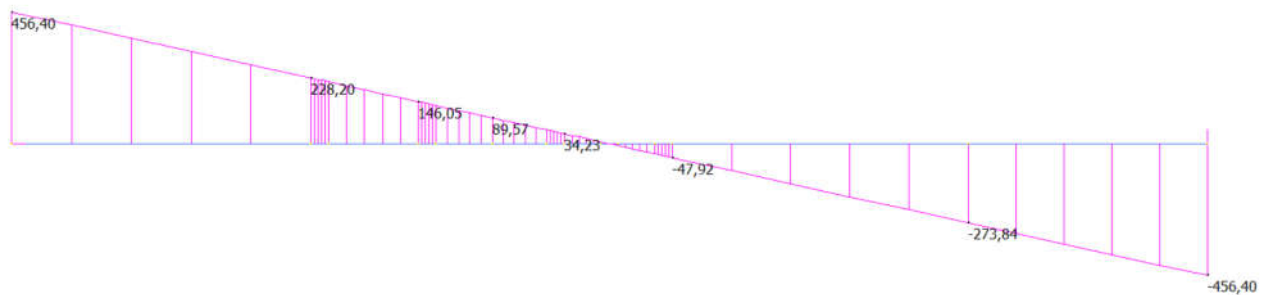


## 8.2.2 Diagrammi di sollecitazione carichi permanenti portati

Momento flettente [kNm]

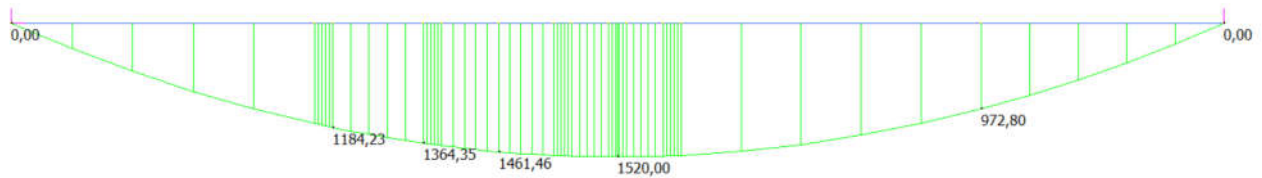


Taglio [kN]

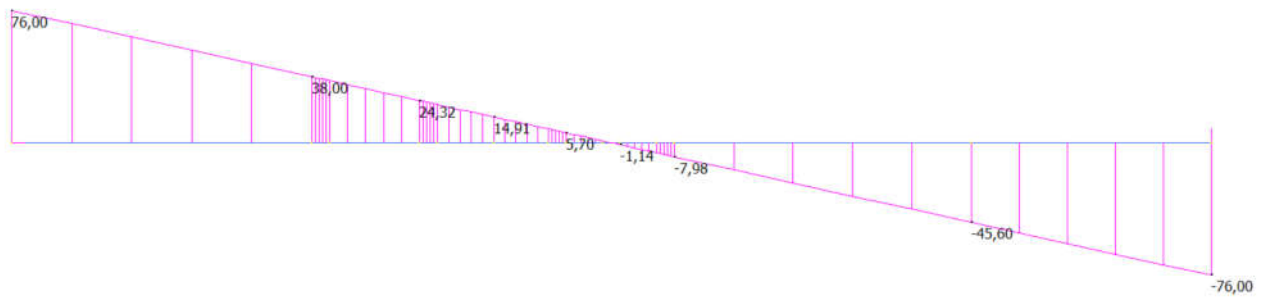


### 8.2.3 Diagrammi di sollecitazione carichi da vento

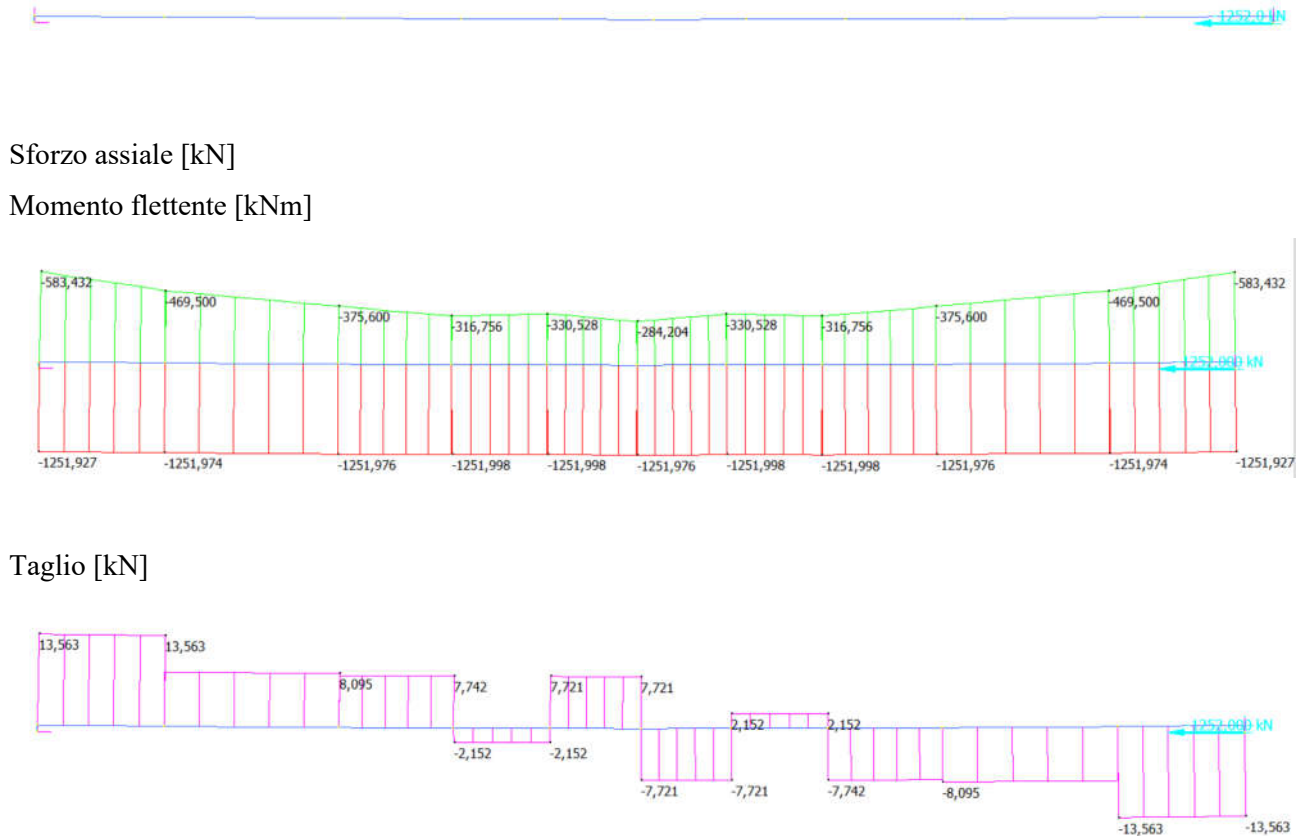
Momento flettente [kNm]



Taglio [kN]



## 8.2.4 Diagrammi di sollecitazione da ritiro



### Validazione

La soletta si trova circa alla quota del baricentro della trave metallica sugli appoggi. Sulla mezzeria, l'eccentricità tra il baricentro della trave e quello della soletta è circa 0.90m. Da questi dati si evince che il momento massimo associato allo sforzo assiale conseguente al ritiro sulla trave metallica è pari a  $1148 \cdot 0.90 = 1033$  kNm. Dalla coincidenza di questi valori il modello si considera validato.

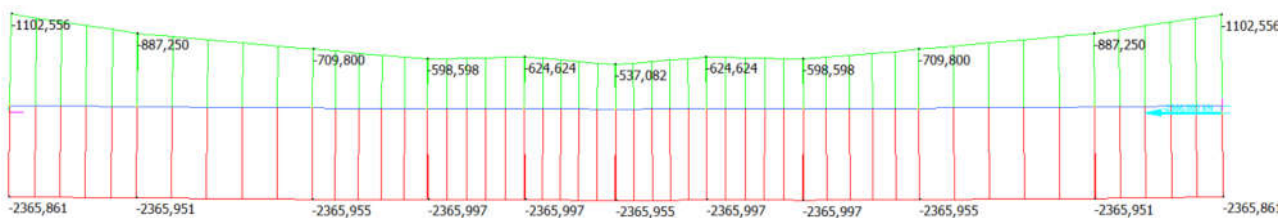
### 8.2.5 Diagrammi di sollecitazione per variazione termica

Contrazione soletta



Sforzo assiale [kN]

Momento flettente [kNm]



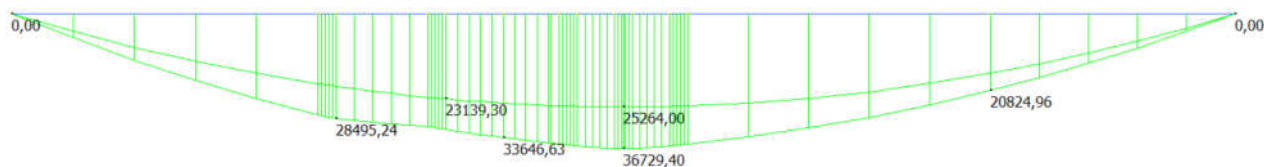
Taglio [kN]



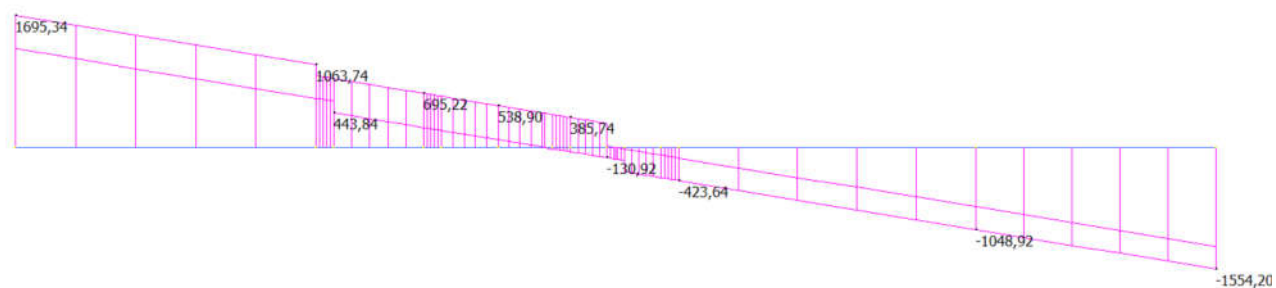
### 8.2.6 Diagrammi di sollecitazione carichi accidentali (traffico)

Inviluppo dei carichi accidentali schema 1

Momento flettente [kNm]



Taglio [kN]





### **8.3 SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE**

Di seguito si riportano le sollecitazioni caratteristiche relative alle varie sezioni.

<b>Sez. 1</b>		
<b>X=0.00m (APPOGGIO)</b>		
	<b>T</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]
<b>PP Acciaio</b>		
<b>PP Soletta</b>		
<b>Strutturali</b>	2.474,00	0,00
<b>Perm. Portati</b>	457,00	0,00
<b>Ritiro iper</b>	13,00	0,00
<b>Traffico</b>	1.695,00	0,00
<b><math>\Delta T</math> Diff iper</b>	25,00	0,00
<b>Vento</b>	76,00	0,00

<b>X=40.00m (MEZZERIA)</b>		
	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]
<b>PP Acciaio</b>		
<b>PP Soletta</b>		
<b>Strutturali</b>		37.104,00
<b>Perm. Portati</b>		6.846,00
<b>Ritiro iper</b>	-1.252,00	-375,00
<b>Traffico</b>		27.590,00
<b><math>\Delta T</math> Diff iper</b>	2.365,00	710,00
<b>Vento</b>		1.140,00

## **8.4 SOLLECITAZIONI COMBinate**

Si sono combinate le sollecitazioni elementari riportate nel paragrafo precedente al fine di massimizzare le sollecitazioni nelle diverse sezioni. La combinazione di massima compressione è dimensionante per la piattabanda superiore e la stabilità delle anime mentre la massima trazione è dimensionante per la piattabanda inferiore. Nelle combinazioni il delta termico differenziale è considerato di contrazione concorde con il ritiro oppure in caso di ritiro assente, di segno opposto.

Combinazione SLU di massima compressione:

1.35 Pesi strutturali+1.35 Pesi portati+1.2 ritiro+(1.5 x0.6) Delta termico+1.35 Traffico+(1.5x0.6) vento

Combinazione SLU di massima trazione:

1.35 Pesi strutturali+1.35 Pesi portati+0 ritiro - (1.5 x0.6) Delta termico+1.35 Traffico+(1.5x0.6) vento

Combinazione SLE rara di massima compressione:

Pesi strutturali + Pesi portati+ ritiro + 0.6 Delta termico + Traffico+ 0.6 vento

Combinazione SLE rara di massima trazione:

Pesi strutturali + Pesi portati +0 ritiro - 0.6 Delta termico + Traffico+ 0.6 vento

Combinazione SLE frequente di massima compressione:

Pesi strutturali + Pesi portati+ ritiro + 0.6 Delta termico + Traffico+ 0.2 vento

Combinazione SLE frequente di massima trazione:

Pesi strutturali + Pesi portati +0 ritiro - 0.6 Delta termico + Traffico+ 0.2 vento

Nella prima colonna è riportata la fase di calcolo, nella seconda lo sforzo assiale sulla trave, nella terza il taglio sulla trave e nella quarta il momento flettente sulla trave. Nell'ultima colonna sono indicati i coefficienti di combinazione per variazione termica e ritiro. Le unità di misura delle tabelle sono Newton per le forze e metri per le lunghezze. I segni dei momenti delle seguenti tabelle sono contrari rispetto la convenzione generale, ossia positivi se tendono le fibre superiori e negativi quelle inferiori, in quanto il software Ponti EC4 richiede questa condizione.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

SLU

Max compressione metallo (M- =Mmax) X=0.00m (APPOGGIO)		
Fase1	3.339.900	0
Fase2a	616.950	0
Fase2b	0	0
Fase2c	0	0
Fase3a	18.000	0
Fase3b	2.356.650	0
Max trazione metallo (M+=Mmin) X=0.00m (APPOGGIO)		
Fase1	3.339.900	0
Fase2a	616.950	0
Fase2b	0	0
Fase2c	0	0
Fase3a	-18.000	0
Fase3b	2.356.650	0

PP Soletta					TSLU (kN)
Strutturali	2.474,00	x	1,35	=	3339,9
Perm. Portati	457,00	x	1,35	=	616,95
Ritiro iper	13,00	x	1,35	=	17,55
Traffico	1.695,00	x	1,35	=	2288,25
$\Delta T$ Diff iper	25,00	x	0,9	=	22,5
Vento	76,00	x	0,9	=	68,4
Fatica+					
Fatica-					
Tslu (kN)					
=					6353,55

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento

Relazione di calcolo strutturale

Max compressione metallo ( $M^-$ = $M_{max}$ )		X=40.00m (MEZZERIA)		
Fase1	0	-50.090.400		
Fase2a	0	-9.242.100		
Fase2b	-1.502.400	450.000	1,2	
Fase2c	0	0		
Fase3a	1.702.800	639.000	0,9	
Fase3b	0	-38.272.500		
Max trazione metallo ( $M^+=M_{min}$ )		X=40.00m (MEZZERIA)		
Fase1	0	-50.090.400		
Fase2a	0	-9.242.100		
Fase2b	0	0		
Fase2c	0	0		
Fase3a	-1.702.800	-639.000	-0,9	
Fase3b	0	-38.272.500		

## 8.5 VERIFICHE STRUTTURALI

### 8.5.1 Caratteristiche geometrico-inerziali e classificazione e delle sezioni

	APPOGGIO	MEZZERIA
Altezza sezione H	2700	4500
Piattabanda superiore	750x60	1200x100
Anima	24	20
Piattabanda inferiore	800x60	1200x100

### 8.5.2 SEZIONE 1 – APPOGGIO

In questa sezione si svolgono solo le verifiche SLU a taglio essendo il contributo flettente trascurabile.

Si svolge la verifica secondo shear buckling, trascurando il contributo resistente offerto dalle piattabande come:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bp,Rd}$$
$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

Nel quale si pone forfettariamente il fattore  $\chi_w = 0.6$  per tenere in conto dei fenomeni di instabilità dell'anima. In fase di PE la verifica verrà svolta analiticamente valutando quantitativamente il corretto parametro  $\chi_w$ .

Si ottiene:

$$V_{bw,Rd} = 0.6 \times 315 \times (2700 - 60 - 60) \times 24 / (\sqrt{3} \times 1.05) = 6435 \text{ kN} > 6353 \text{ kN}$$

Verifica soddisfatta.

### 8.5.3 SEZIONE 2 - MEZZERIA

PROPRIETA' SEZIONE MEZZERIA:

Ubicazione		<b>X=20.00m</b>
h met	[mm]	4.500,00
Piattabanda sup. Base	[mm]	1.200,00
Piattabanda sup. spessore	[mm]	100,00
Piattabanda inf. Base	[mm]	1.200,00
Piattabanda inf. spessore	[mm]	100,00
t anima	[mm]	20,00
h anima	[mm]	4.300,00
A piattabanda sup.	[mm <sup>2</sup> ]	120.000,00
yg piattabanda sup.	[mm]	4.450,00
A anima	[mm <sup>2</sup> ]	86.000,00
yg anima	[mm]	2.250,00
A piattabanda inf.	[mm <sup>2</sup> ]	120.000,00
yg piattabanda inf.	[mm]	50,00

		<b>FASE 1</b>
A	[mm <sup>2</sup> ]	326.000,00
yg	[mm]	2250,00
J	[mm <sup>4</sup> ]	1294311666666,67
W <sub>y,8</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-
W <sub>y,7</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-
W <sub>y,6</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-
W <sub>y,5</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-
W <sub>y,4</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	575249629,6
W <sub>y,3</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	602005426,4
W <sub>y,1</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-602005426,4
W <sub>y,0</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-575249629,6
S <sub>y,4</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-
S <sub>y,3</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	264000000
S <sub>y,2</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	310225000
S <sub>y,1</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	264000000
C <sub>y,4</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-
C <sub>y,3</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	1,01985E-05
C <sub>y,2</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	1,19842E-05

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

$C_{y,1}$	[mm <sup>3</sup> ]	1,01985E-05
-----------	--------------------	-------------

Si ottiene, considerando un abbattimento delle proprietà geometrico statiche della sezione del 15% per tenere in conto forfettariamente della possibile classificazione in classe 4 della anima della trave:

	N	M			MSLU (kNm)	$\sigma$ sup (MPa)	$\sigma$ inf (MPa)
<b>Strutturali</b>		49.472,00 x	1,35	=	66787,2	-137	137
<b>Perm. Portati</b>		9.128,00 x	1,35	=	12322,8	-25	25
<b>Ritiro iper</b>	-1.251,00	-284,00 x	1,35	=	-383,4	-4	-5
<b>Traffico</b>		36.729,00 x	1,35	=	49584,15	-101	101
<b><math>\Delta T</math> Diff iper</b>	-2.365,00	-625,00 x	0,9	=	-562,5	-7	-10
<b>Vento</b>		1.520,00 x	0,9	=	1368	-3	3
						<b><math>\sigma</math> tot (MPa)</b>	<b><math>\sigma</math> tot (MPa)</b>
						<b>-277</b>	<b>251</b>

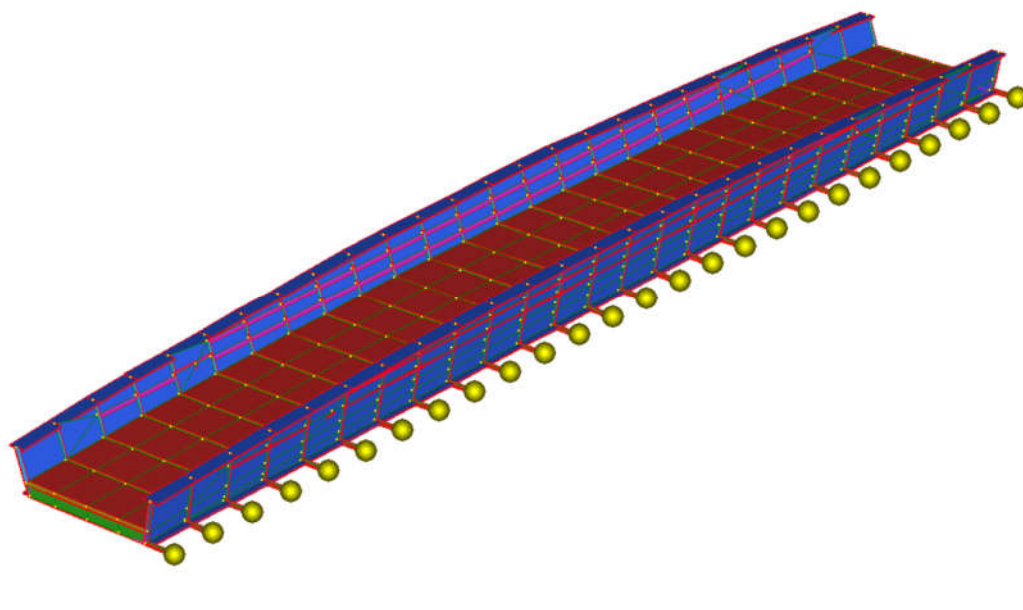
Si ottiene:

$\sigma < f_{yd} = 315/1.05 = 300 \text{ MPa} \rightarrow$  Verifica soddisfatta.

#### **8.5.4 Verifica Stabilità globale (presso-flesso-torsione)**

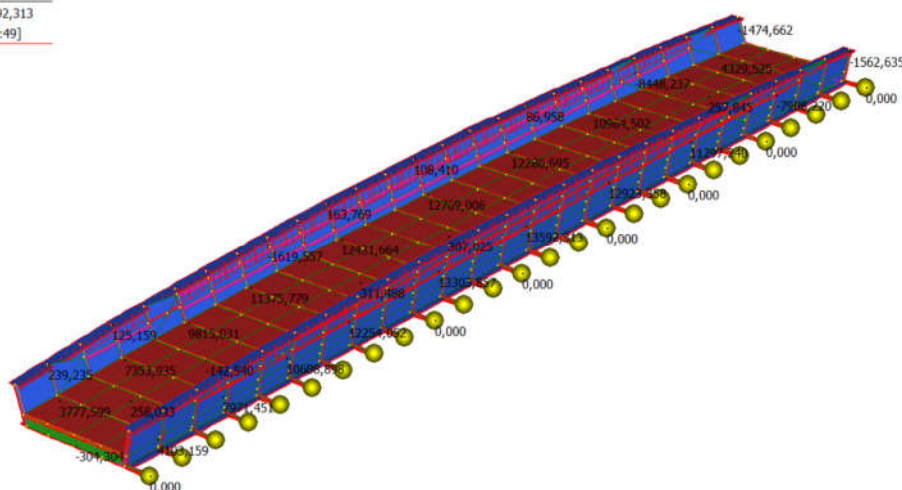
La verifica è condotta secondo quanto descritto nei criteri di verifica delle travi principali della presente relazione paragrafo prima.

Il carico critico relativo all'instabilità della piattabanda superiore è stato valutato mediante analisi di buckling globale della struttura. La condizione iniziale dell'analisi rispetto alla quale si è valutato il moltiplicatore è la seguente:



Si riporta di seguito il diagramma della sollecitazione assiale agente nella piattabanda superiore della trave in condizione quasi permanente (pesi propri+permanentemente portati):

MIN	MAX
AxForce(kN) -12723,781	13592,313
[Bm:50]	[Bm:49]



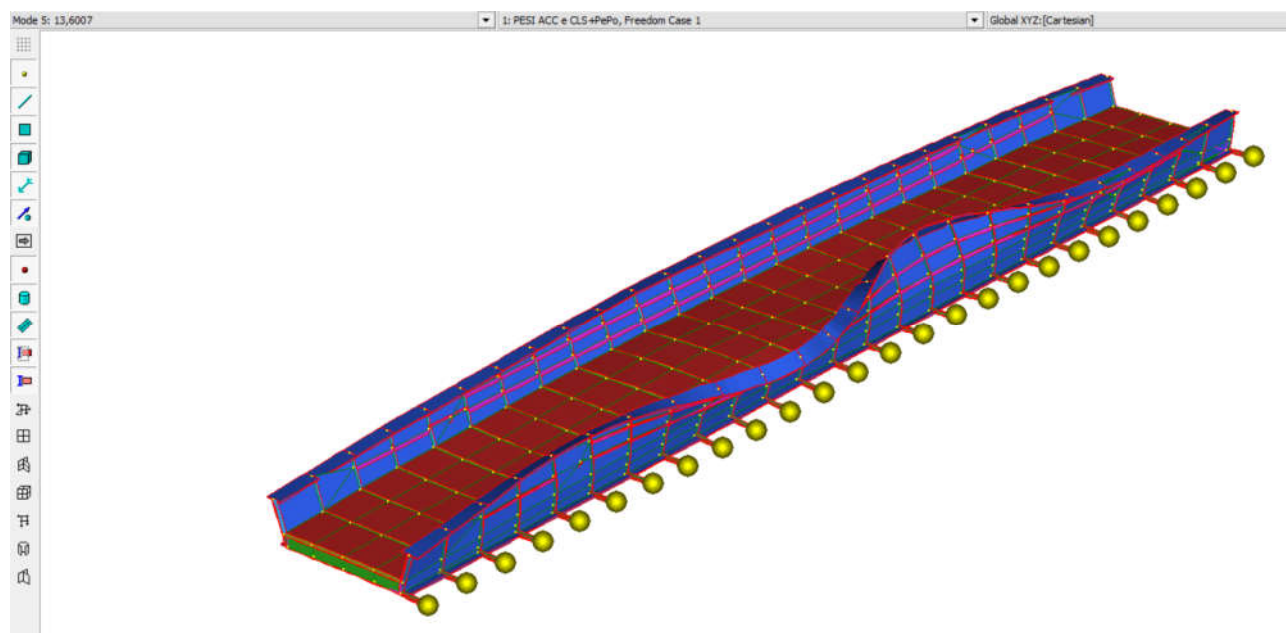
$N = 12723 \text{ kN}$



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**



Il coefficiente di instabilità globale per il primo modo significativo riguardante la piattabanda superiore vale:

$$\lambda = 13.60$$

$$N_{crit} = 12723 \times 13.60 = 173033 \text{ kN}$$

**Verifica di stabilità dei aste compresse continue con vincoli trasversali elastici: UNI  
EN 1993-2 / EN 1993-1-1**

**IV35**

<b>Geometria</b>	$M_{ed}$	129116,00 kNm
	$N_{ed}$	2365,00 kN
	Classe della sezione	4
	Area efficace dell'intera trave $A_{eff, trave}$	3,26E+05 mm <sup>2</sup>
	Area piattabanda sup $A_f$	1,20E+05
	Area piattabanda inf $A_f$	1,20E+05
	Area anima tesa	4,50E+04 mm <sup>2</sup>
	Area efficace anima compressa	4,10E+04
	Area efficace della piattabanda compressa $A_f + A_{wc}/3$	133667 mm <sup>2</sup>
	$W_{eff, y}$	4,89E+08 mm <sup>3</sup>

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

	altezza trave h	4500 mm
	larghezza piattabanda b	1200 mm
	Modulo elastico E	210000 MPa
	Momento d'inerzia J piattabanda	1,44E+10 mm <sup>4</sup>
	tensione nel corrente f <sub>y</sub>	315,00 MPa
	$\gamma_{M1}$	1,10

Parametri di instabilità flesso-torsionale	Calcolo di $\chi_{LT}$ di instabilità torsionale (svergolamento):	
	N <sub>cr</sub> piattabanda (da analisi di buckling)	173032,8 kN
	Sezione saldata o laminata?	saldata
	$\lambda_{LT}$	0,49
	$\alpha_{LT}$	0,76
	$\lambda_{LT,0}$	0,40
	$\beta$	0,75
	$\Phi_{LT}$	0,63
	$\chi_{LT}$	0,92

Parametri di instabilità flessionale (Carico di punta)	N <sub>cr</sub> dell'intera trave:		
	Luce di instabilizzazione	76,80 m	
	β	1,00	
	Momento d'inerzia J della trave	1,25E+12 mm <sup>4</sup>	
	N <sub>cr</sub>	404808 kN	
	Calcolo di χ di instabilità assiale (carico di punta):		
	Curva di instabilità	c	
	α	0,49	
	λ	0,50	
	Φ	0,70	
	χ	0.84	

<b>Verifica:</b>		
	N <sub>b,Rd</sub>	86356,24 kN
	M <sub>b,Rd</sub>	135178,18 kNm
	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}}$	= 0,03

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

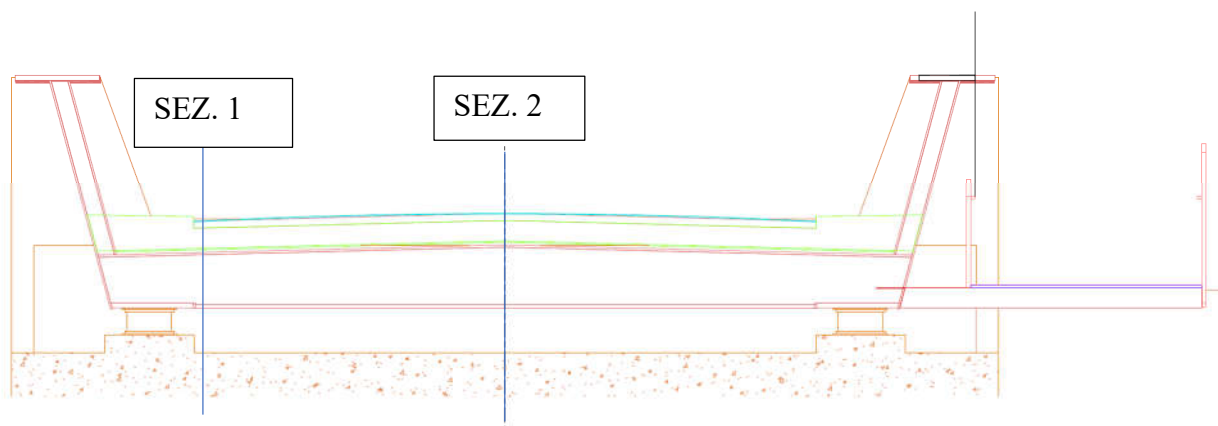
**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} =$	0,96		
$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd} \left( 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \right)} =$	0,9882	<	1,00
			Verificato

## 9 TRAVERSO TIPICO

### 9.1 SEZIONI DI VERIFICA SIGNIFICATIVE



Definendo un ipotetico sistema di riferimento con asse “x” in direzione dello sviluppo trasversale dell’impalcato, con origine sul filo interno della piattabanda della trave principale, le sezioni di verifica prese in considerazione per il traverso sono le seguenti:

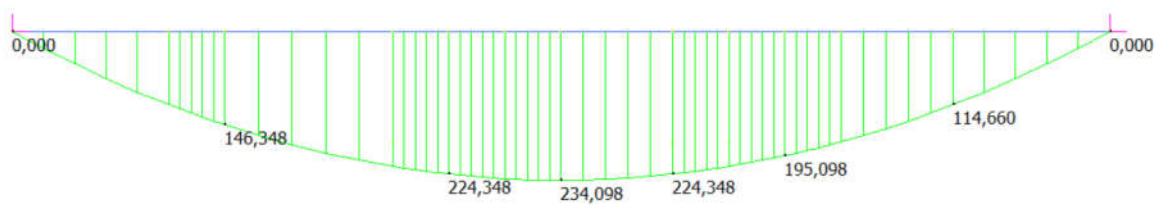
Sez. 1 –  $x = 0.00$  m (sezione di appoggio)

Sez. 2 -  $x = 4.90$  m (sezione di mezzeria)

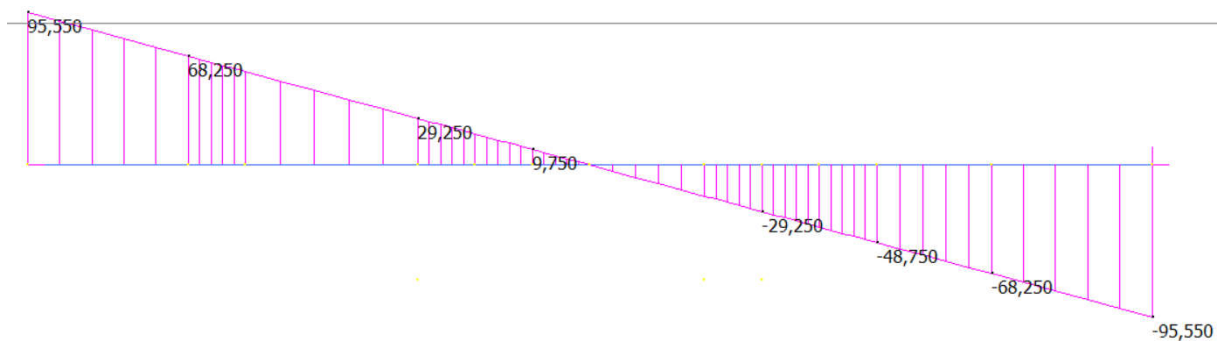
## 9.2 SOLLECITAZIONI DI CALCOLO

### 9.2.1 Diagrammi di sollecitazione carichi strutturali

Momento flettente [kNm]

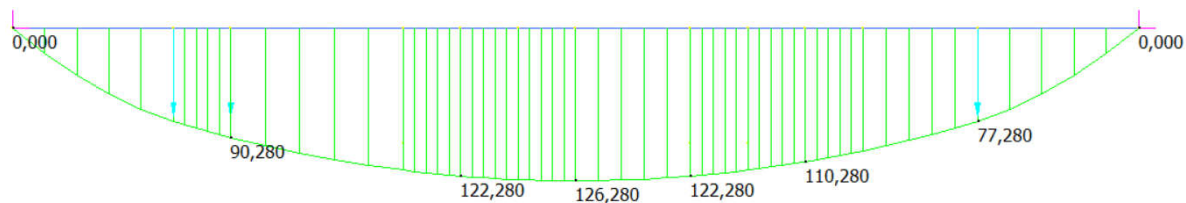


Taglio [kN]

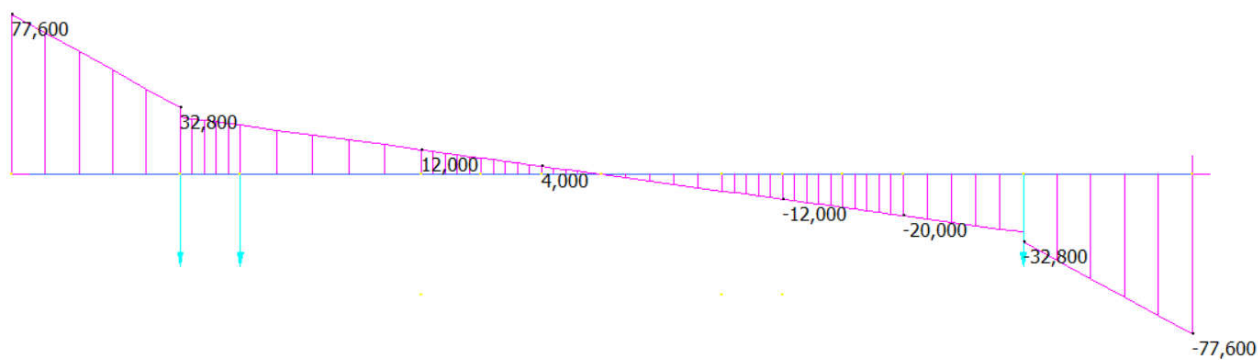


## 9.2.2 Diagrammi di sollecitazione carichi permanenti portati

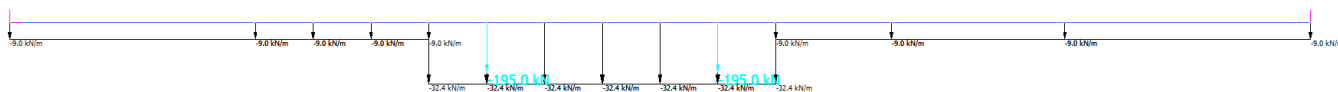
Momento flettente [kNm]



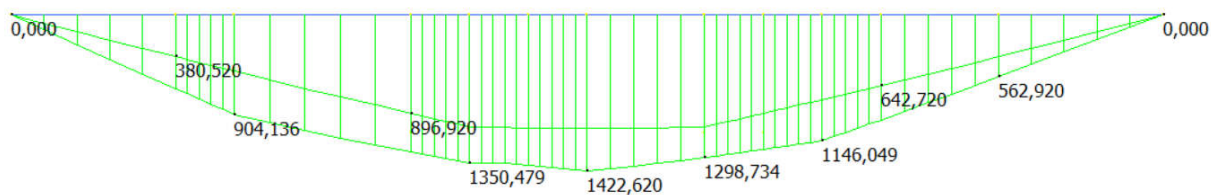
Taglio [kN]



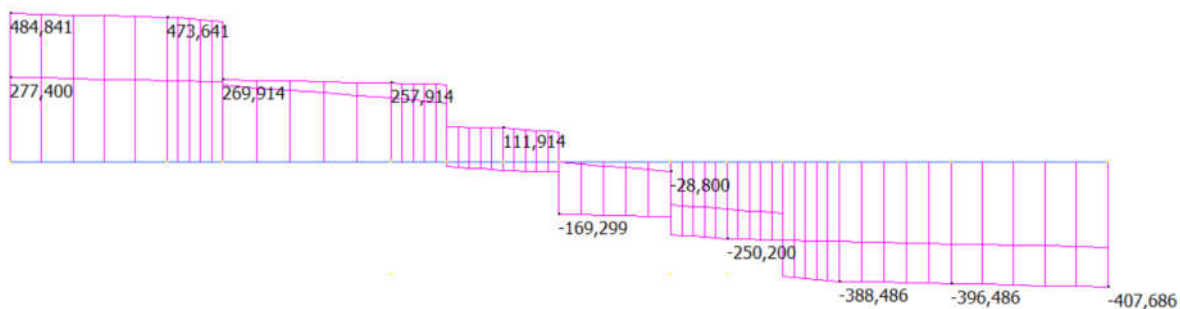
### 9.2.3 Diagrammi di sollecitazione carichi accidentali (traffico)



Momento flettente [kNm]



Taglio [kN]



### 9.2.4 Sollecitazioni caratteristiche

Di seguito si riportano le sollecitazioni caratteristiche relative alle varie sezioni.

<b>Sez. 1</b>			
<b>X=0.00m</b>			
	<b>N</b> [kN]	<b>T</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]
<b>Strutturali</b>		96,00	0,00
<b>DISTORSIONE</b>		0,00	0,00
<b>Perm. Portati</b>		77,00	0,00
<b>Ritiro iper</b>		0,00	0,00
<b>Traffico</b>		485,00	0,00
<b>ΔT Diff iper</b>		0,00	0,00
<b>Cedim.</b>			
<b>Vento</b>		0,00	0,00

<b>Sez. 2</b>			
<b>X=4.40m</b>			
	<b>N</b> [kN]	<b>T</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]
<b>Strutturali</b>		0,00	234,00
<b>DISTORSIONE</b>		0,00	0,00
<b>Perm. Portati</b>		0,00	126,00
<b>Ritiro iper</b>	0,00	0,00	0,00
<b>Traffico</b>		170,00	1.422,00
<b>ΔT Diff iper</b>	0,00	0,00	0,00
<b>Cedim.</b>			
<b>Vento</b>		0,00	0,00



### **9.3 VERIFICHE STRUTTURALI**

#### **9.3.1 Caratteristiche geometrico-inerziali e classificazione e delle sezioni**

	S1	S2
Altezza sezione H	660	660
Piattabanda superiore	600x25	600x25
Anima	14	14
Piattabanda inferiore	600x40	600x40

Caratteristiche geometriche:

<b>PROPR. SEZIONE ACCIAIO+CLS</b>		<b>Concio 1</b>
Ubicazione		<b>X=20.00m</b>
h met	[mm]	660,00
Piattabanda sup. Base	[mm]	600,00
Piattabanda sup. spessore	[mm]	25,00
Piattabanda inf. Base	[mm]	600,00
Piattabanda inf. spessore	[mm]	40,00
t anima	[mm]	14,00
h anima	[mm]	595,00
A piattabanda sup.	[mm <sup>2</sup> ]	15.000,00
yg piattabanda sup.	[mm]	647,50
A anima	[mm <sup>2</sup> ]	8.330,00
yg anima	[mm]	337,50
A piattabanda inf.	[mm <sup>2</sup> ]	24.000,00
yg piattabanda inf.	[mm]	20,00
Orditura predalle		Trasversale
h tot (predalle+getto in opera)	[mm]	200,00
h coppella	[mm]	0,00
h sol collaborante	[mm]	200,00
b sol collaborante	[mm]	2.382,00
φ Arm sup.	[mm]	0,00
Passo arm sup.	[mm]	100,00
φ Arm inf.	[mm]	0,00
Passo arm inf.	[mm]	100,00
copriferro arm sup.	[mm]	57,00
copriferro arm inf. da coppella	[mm]	18,00

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

		<b>FASE 1</b>	<b>FASE 2a</b>	<b>FASE 2b</b>	<b>FASE 2c</b>	<b>FASE 3</b>	<b>FESSURATA</b>
A	[mm <sup>2</sup> ]	47.330,00	73796,7	73796,7	73796,7	126730,0	47330,0
yg	[mm]	274,75	448,78	448,78	448,78	578,77	274,75
J	[mm <sup>4</sup> ]	3924213437,25	8009413146	8009413146	8009413146	11171369221	3924213437
W <sub>y,8</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-	19477245	19477245	19477244,71	39723641,99	-
W <sub>y,7</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-	22611472,24	22611472,24	22611472,24	49821647,22	7428692,412
W <sub>y,6</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-	34942186,52	34942186,52	34942186,52	112583721,9	9731443,767
W <sub>y,5</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-	37919945,86	37919945,86	37919945,86	137532342,7	-
W <sub>y,4</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	10186124,05	37919945,86	37919945,86	37919945,86	137532342,7	10186124,05
W <sub>y,3</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	10893001,13	43010718,73	43010718,73	43010718,73	198682598	10893001,13
W <sub>y,1</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-16716628,11	-19593408,69	-19593408,69	-19593408,69	-20734843,22	-16716628,11
W <sub>y,0</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-14282898,13	-17847041,64	-17847041,64	-17847041,64	-19301821,92	-14282898,13
S <sub>y,4</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-	8236929,604	8236929,604	8236929,604	14389440,9	0
S <sub>y,3</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	5591263,469	11217714,64	11217714,64	11217714,64	15420349,13	5591263,469
S <sub>y,2</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	6499728,436	11460457,26	11460457,26	11460457,26	15442479,63	6499728,436
S <sub>y,1</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	6113978,449	10290743,94	10290743,94	10290743,94	13410546,83	6113978,449
C <sub>y,4</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	-	1,71401E-06	1,71401E-06	1,71401E-06	2,14677E-06	0
C <sub>y,3</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	0,000101772	0,00010004	0,00010004	0,00010004	9,85961E-05	0,000101772
C <sub>y,2</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	0,000118308	0,000102205	0,000102205	0,000102205	9,87376E-05	0,000118308
C <sub>y,1</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	0,000111287	9,17737E-05	9,17737E-05	9,17737E-05	8,57456E-05	0,000111287

### **9.3.1.1 VERIFICHE FLESSIONALI E A TAGLIO**

In mezzzeria si ottiene sulla piattabanda inferiore che è quella soggetta alle massime tensioni:

$$\sigma_{STR,SLU} = 22.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{PePo,SLU} = 9.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TRAFF,SLU} = 99.5 \text{ MPa}$$

Quindi in definitiva:

$$\sigma_{TOT} = 131.1 \text{ MPa}$$

Mentre nella sezione di appoggio la verifica a taglio risulta:

$$T_{SLU} = 888 \text{ kN}$$

La resistenza è pari a:

$$V_{rd} = (660-25-40) \times 14 \times 335 / (\sqrt{3} \times 1.05) = 1534 \text{ kN} \rightarrow \text{Verifica soddisfatta}$$

## **10 SOLETTA D'IMPALCATO**

I criteri di calcolo, di progettazione e la fustica della soletta d'impalcato sono descritti al paragrafo 5 del presente documento. La soletta, ordita longitudinalmente, è costituita da lastre tralicciate tipo predalles appoggiate sui traversi e solidarizzate mediante un getto in opera con armatura integrativa. Le lastre hanno uno spessore di 5 mm e sono armate con idonei tralici di altezza totale pari a 15.5 cm. Le predalles sono appoggiate isostaticamente sui traversi con luce tipica pari a 3.20m

La soletta oltre ad essere soggetta ad azioni locali dovute ai carichi mobili e permanenti che gravano direttamente su essa, è sollecitata longitudinalmente da uno sforzo di trazione che nasce per congruenza con le travi principali.

Come descritto precedentemente, la soletta è analizzata in due fasi distinte:

- una prima fase, detta "provvisoria", in cui il getto integrativo è ancora in fase fluida e risultano efficaci le sole armature inserite nelle predalles. Le azioni presenti sono costituite dal peso proprio delle lastre, dal getto integrativo e da un temporaneo sovraccarico accidentale dovuto al personale, ai piccoli mezzi d'opera e ad accumuli di conglomerato cementizio;
- una seconda fase, detta "definitiva", in cui nella soletta monolitica risultano efficaci anche le armature inserite in opera. Il calcolo delle sollecitazioni indotte dai carichi accidentali e permanenti verrà effettuato utilizzando un modello FEM tridimensionale della soletta, assumendo una striscia di larghezza unitaria per le verifiche.

### **10.1 SEZIONI SIGNIFICATIVE DI VERIFICA**

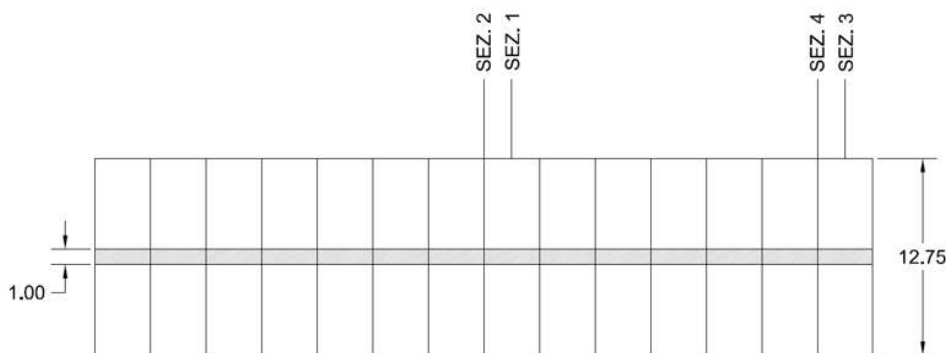
Le verifiche saranno condotte su una larghezza unitaria di soletta pari ad un metro. Sono state analizzate sezioni due sezioni sulla mezzera dell'impalcato e due sezioni verso l'appoggio.

Sezione 1: mezzera dell'impalcato tra i traversi

Sezione 2: mezzera dell'impalcato a cavallo dei traversi

Sezione 3: estremità dell'impalcato tra i traversi

Sezione 4: estremità dell'impalcato a cavallo dei traversi



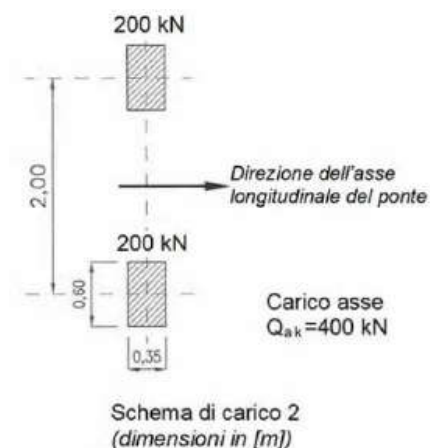
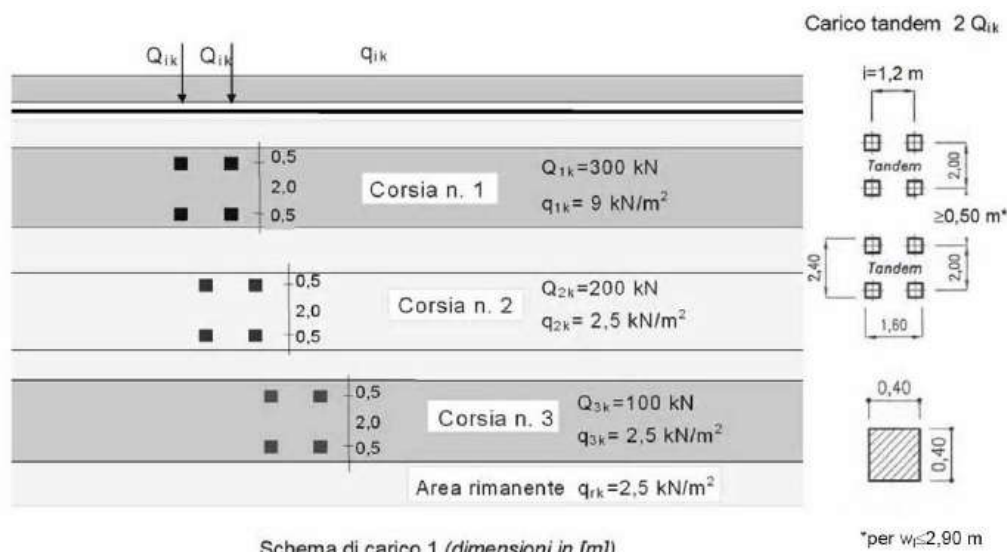
## 10.2 CARICHI AGENTI

Si riportano di seguito i carichi permanenti agenti sulla soletta di impalcato.

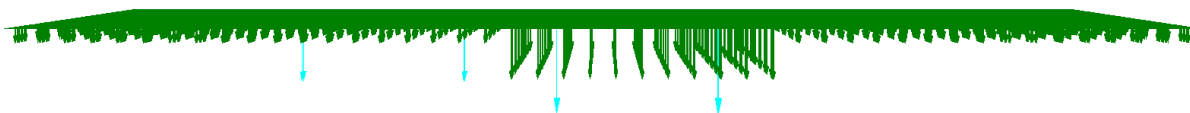
Peso proprio	0.50 kN/m <sup>2</sup> (lastre metalliche)
	5.00 kN/m <sup>2</sup> (getto sp.20cm in opera)
Mezzi d'opera	1 kN/m <sup>2</sup>
Permanenti portati: Pavimentazione	2.50 kN/m <sup>2</sup>
Barriere	1.50 kN/m

### Carichi mobili da traffico

Secondo quanto indicato dalla normativa, per verifiche locali, si considera sia lo Schema di Carico 1 (costituito da carichi uniformemente distribuiti e carichi concentrati) che lo Schema di Carico 2 (carichi tandem concentrati), in modo da individuare la configurazione di carico più gravosa.



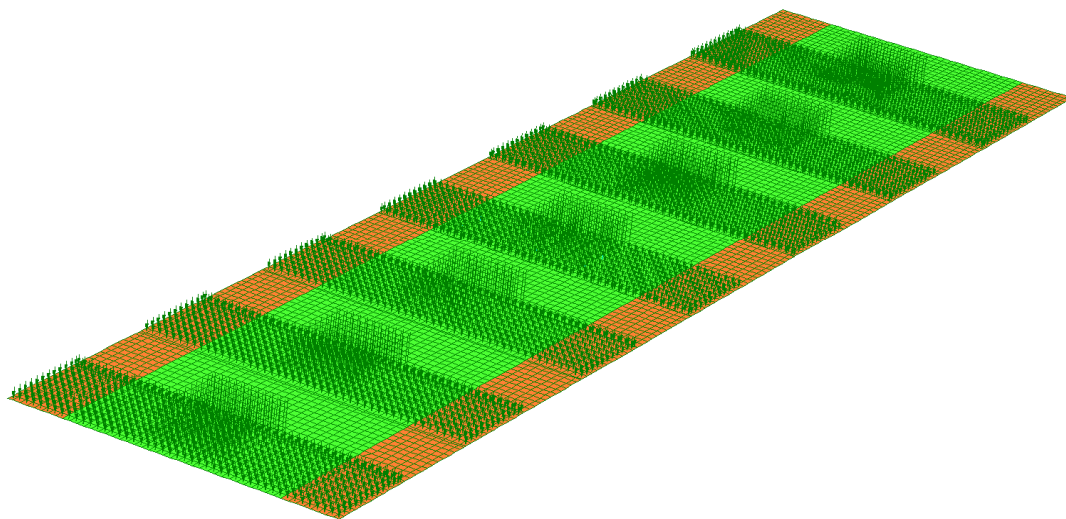
In particolare nello Schema di Carico 1, la Corsia di traffico n°1 (caratterizzata dai carichi più gravosi) si è considerata con posizione longitudinale centrale rispetto alla soletta al fine di massimizzarne le sollecitazioni, mentre la restante corsia viene considerata adiacenti alla stessa. I carichi concentrati, relativi al suddetto schema di carico, sono stati posizionati in corrispondenza della mezzzeria della campata, in modo da aggravare ulteriormente la configurazione.



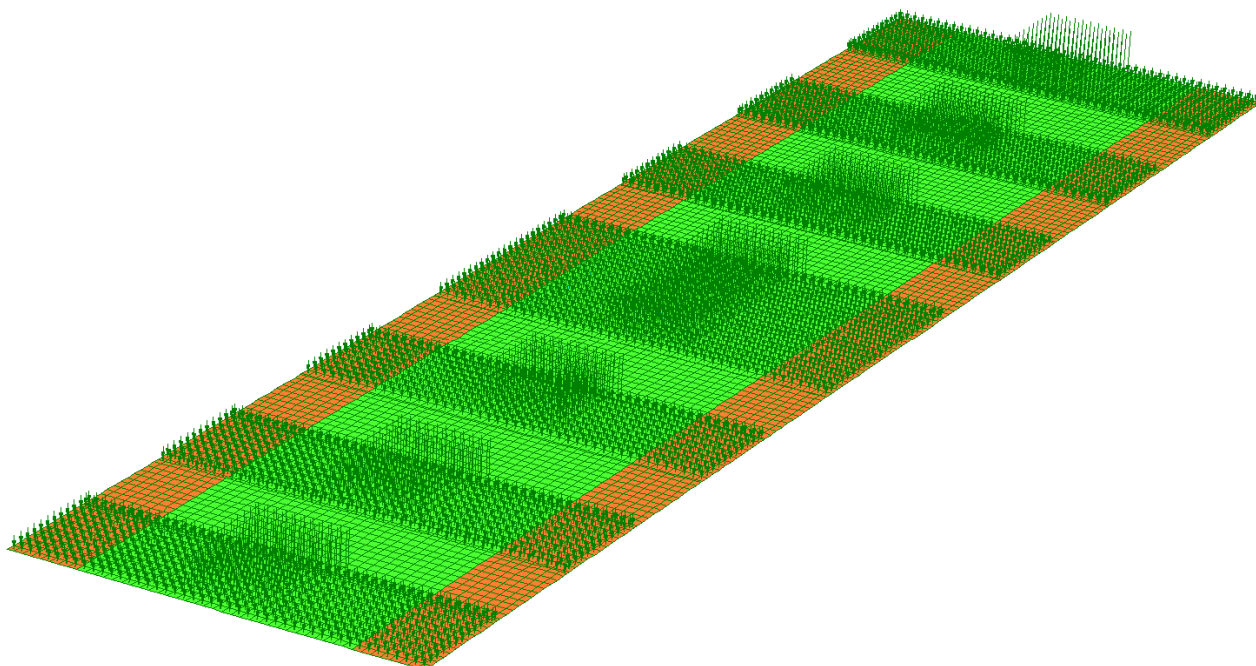
Sezione trasversale

Inoltre, ulteriori distribuzioni di carico a scacchiera vengono considerate per massimizzare i momenti locali positivi e negativi sia in campata che in appoggio. In dettaglio, tali configurazioni vengono realizzate

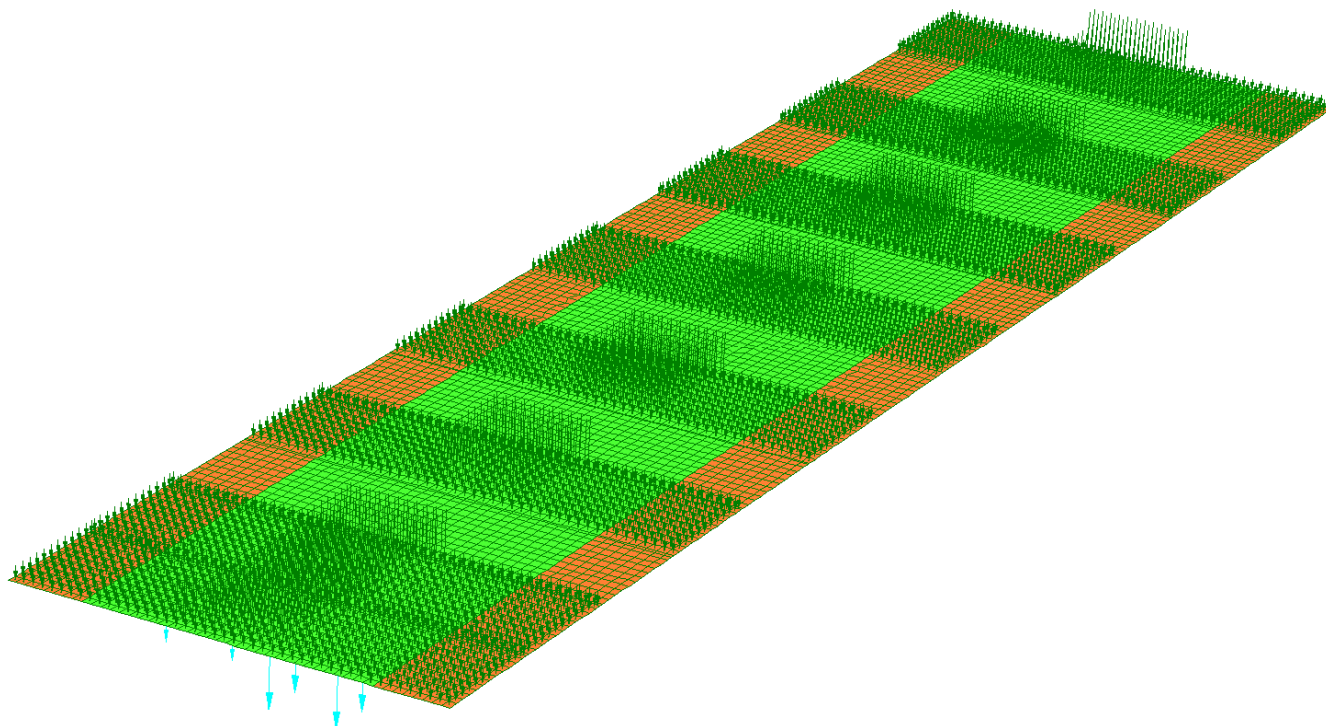
posizionando i carichi concentrati e distribuiti (come riportato in figura), sia in mezzeria che in appoggio, in posizioni strategiche che garantiscono la massimizzazione delle sollecitazioni locali.



Schema di carico per la massimizzazione dei momenti positivi in mezzeria e all'estremità



Schema di carico per la massimizzazione dei momenti negativi in mezzzeria



Schema di carico per la massimizzazione dei momenti negativi all'estremità



### **10.3 CALCOLO DI FASE II**

Per il calcolo delle sollecitazioni in seconda fase è stato utilizzato il modello FEM tridimensionale.

In seconda fase le sollecitazioni derivano dall'azione dei carichi permanenti ed accidentali. In questa fase si sono considerati anche ritiro e variazione termica per le verifiche allo stato limite di esercizio come richiesto dalla Uni EN 1992-1 -1 paragrafi 2.3.1.2 e 2.3.2.2

Si riportano le azioni di trazione sulla soletta per le diverse condizioni di carico. Per quanto riguarda i carichi variabili si sono studiate diverse configurazioni massimizzanti illustrate nel seguito.

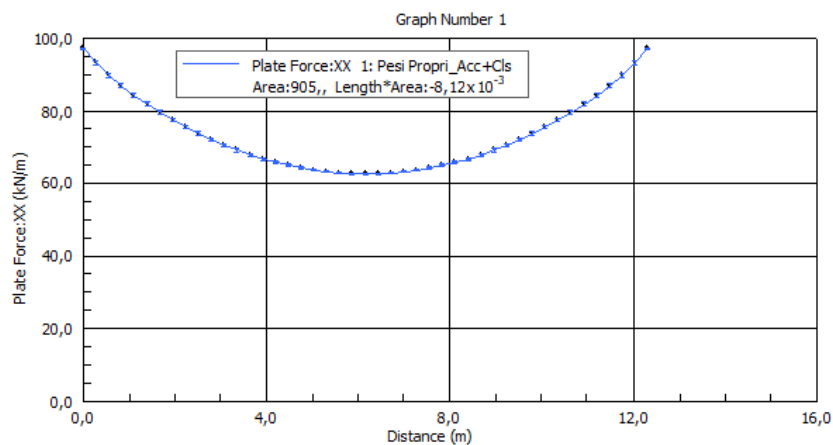
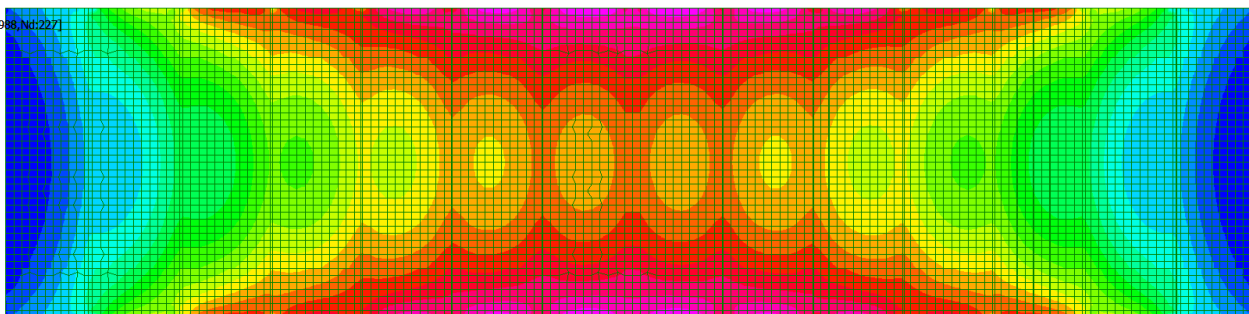
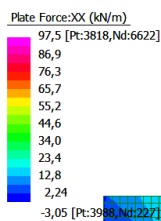
Sul modello globale, al fine di valutare le sollecitazioni di tensoflessione sulla soletta, si è implementata una rigidezza "fessurata" della lastra in calcestruzzo, coerentemente con le ipotesi di verifica (sezione parzializzata).

Le massime sollecitazioni utilizzate nelle verifiche sono la somma degli effetti locali (flessioni) e globali (trazioni). Le verifiche sono state svolte cautelativamente, utilizzando gli involuppi dei massimi delle sollecitazioni assiali di trazioni e flettenti.

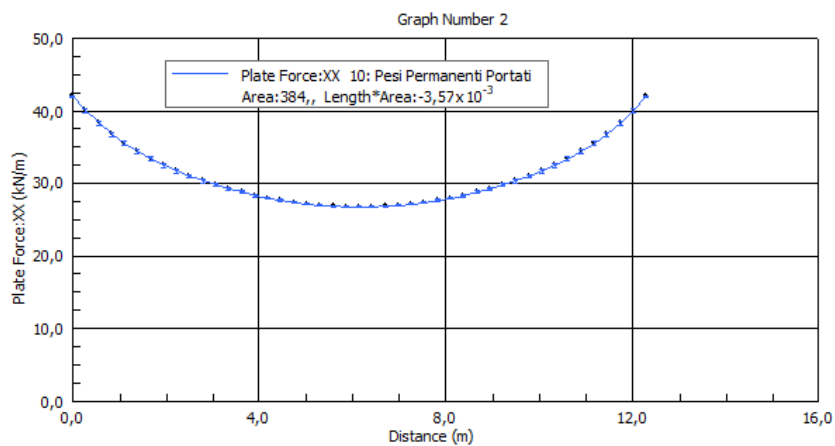
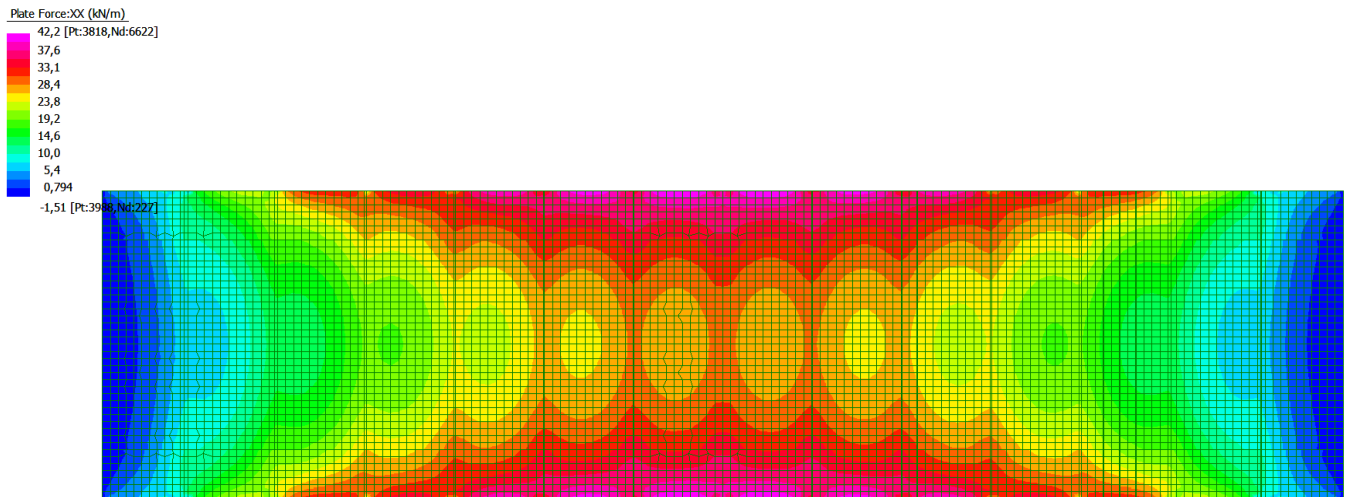
A favore di sicurezza gli sforzi assiali legati al comportamento globale sono stati mediati sulla larghezza dell'impalcato, in quanto risultano massimi nelle zone di momento minimo (zone di cordolo con più armatura) e minimi nelle zone di momento massimo (più sottili e meno armate).

### 10.3.1 Sforzi assiali

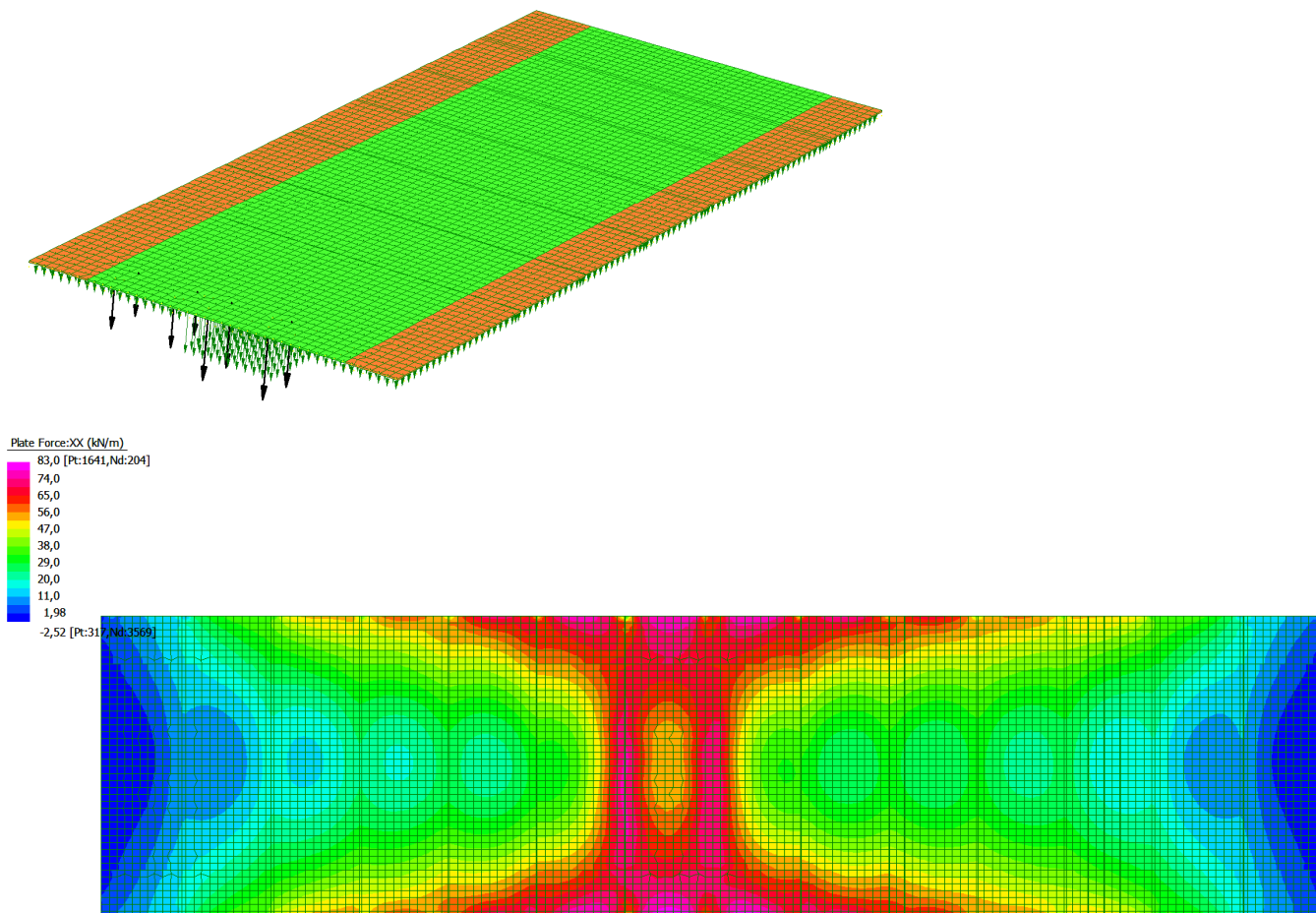
Sforzo normale pesi propri



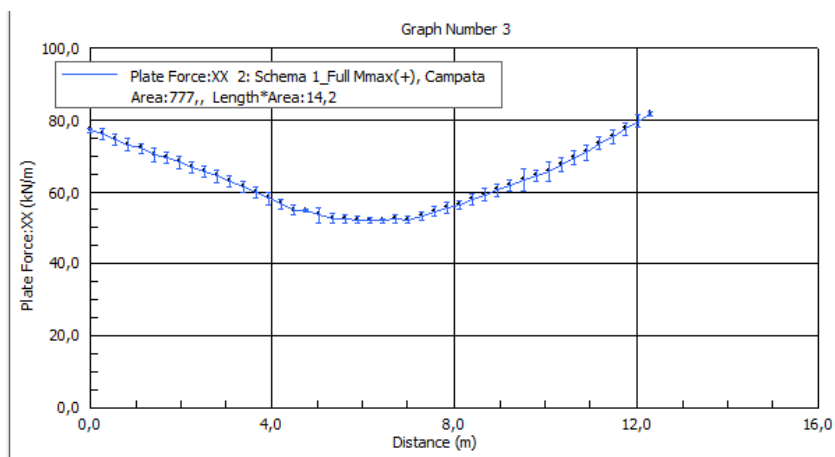
Sforzo normale permanenti portati



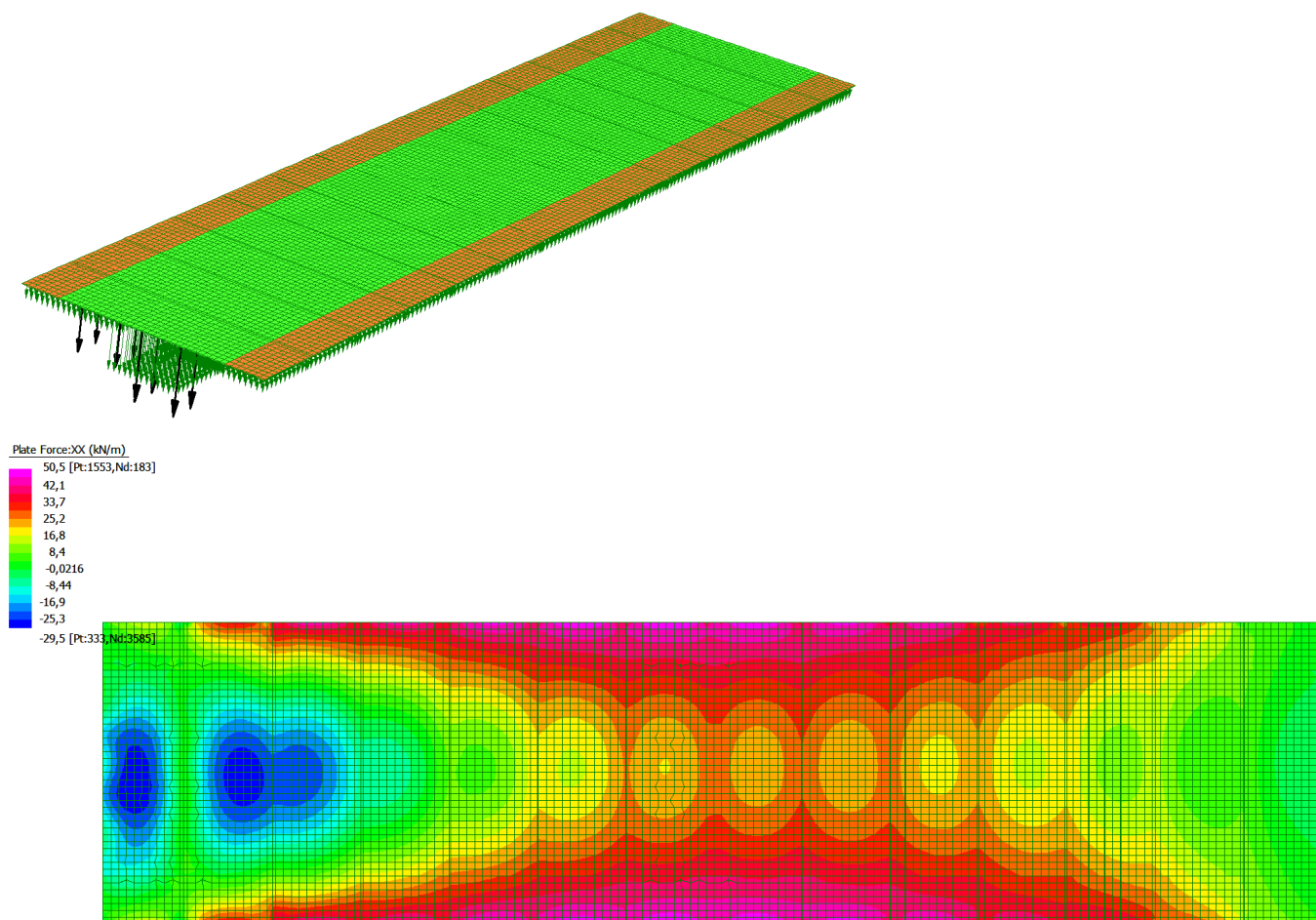
Sforzo normale Schema 1, carichi concentrati in campata



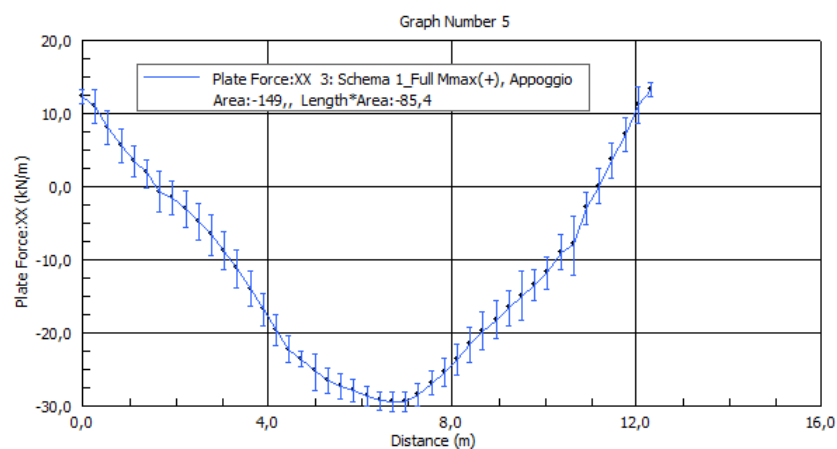
In questa configurazione si sono adottati i carichi uniformemente distribuiti ( $q_{ik}$ ) sull'intera soletta ed i carichi concentrati ( $Q_{ik}$ ) posizionati nel concio di mezzeria della soletta stessa.



Sforzo normale Schema 1, carichi concentrati in appoggio

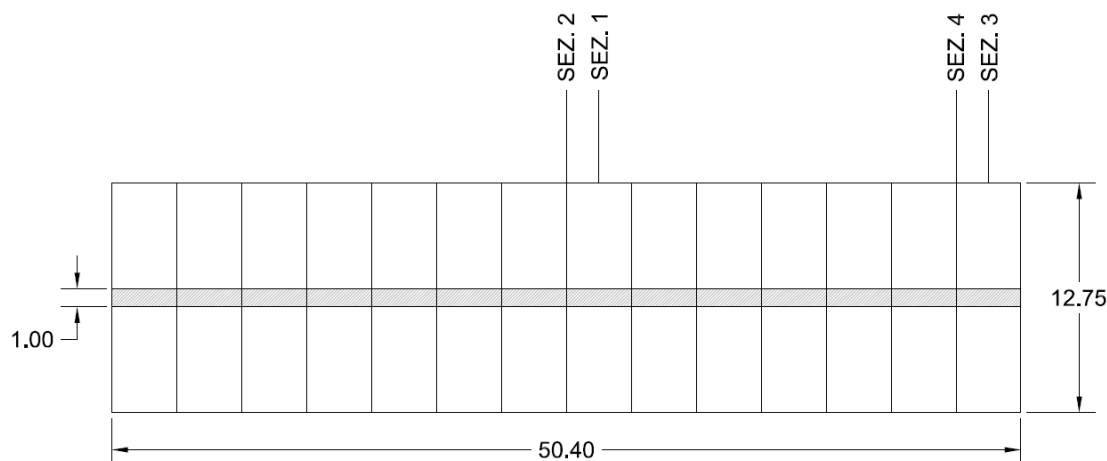


In questa configurazione si sono adottati i carichi uniformemente distribuiti ( $q_{ik}$ ) sull'intera soletta ed i carichi concentrati ( $Q_{ik}$ ) posizionati in corrispondenza dell'appoggio.

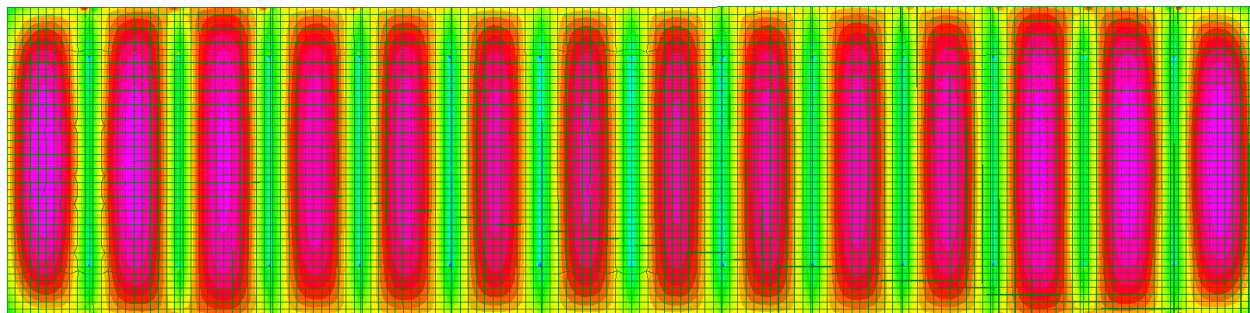
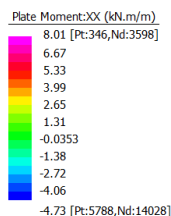


### 10.3.2 Momenti flettenti

Nel seguente paragrafo, oltre a riportare le sollecitazioni locali, si riportano le tabelle riassuntive delle azioni interne, per le rispettive sezioni, generate dal caso di carico in oggetto. Inoltre, le sollecitazioni riportate fanno riferimento alle sezioni significative illustrate in figura.



#### Pesi propri



Sezione	Pesi Propri Soletta		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

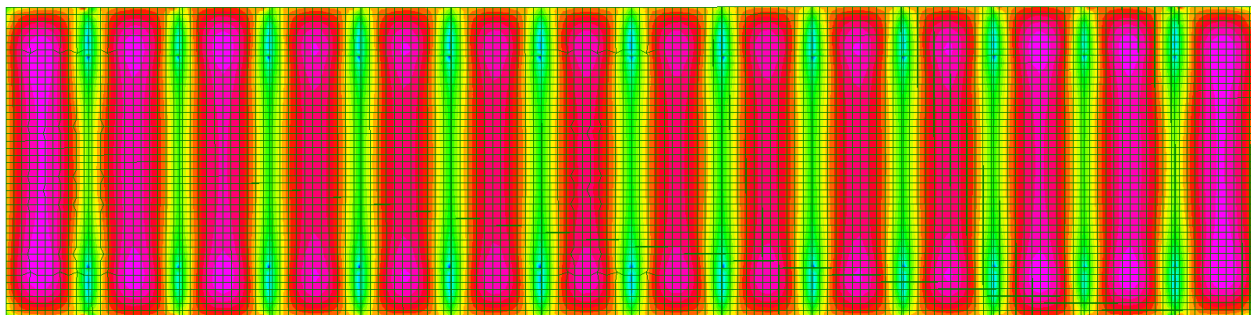
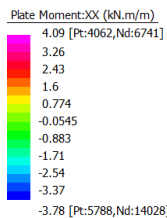
1	63.9	2.6	6.83
2	68.4	7.84	3.36
3	2.64	2.66	8.01
4	8.38	8.38	5.27

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

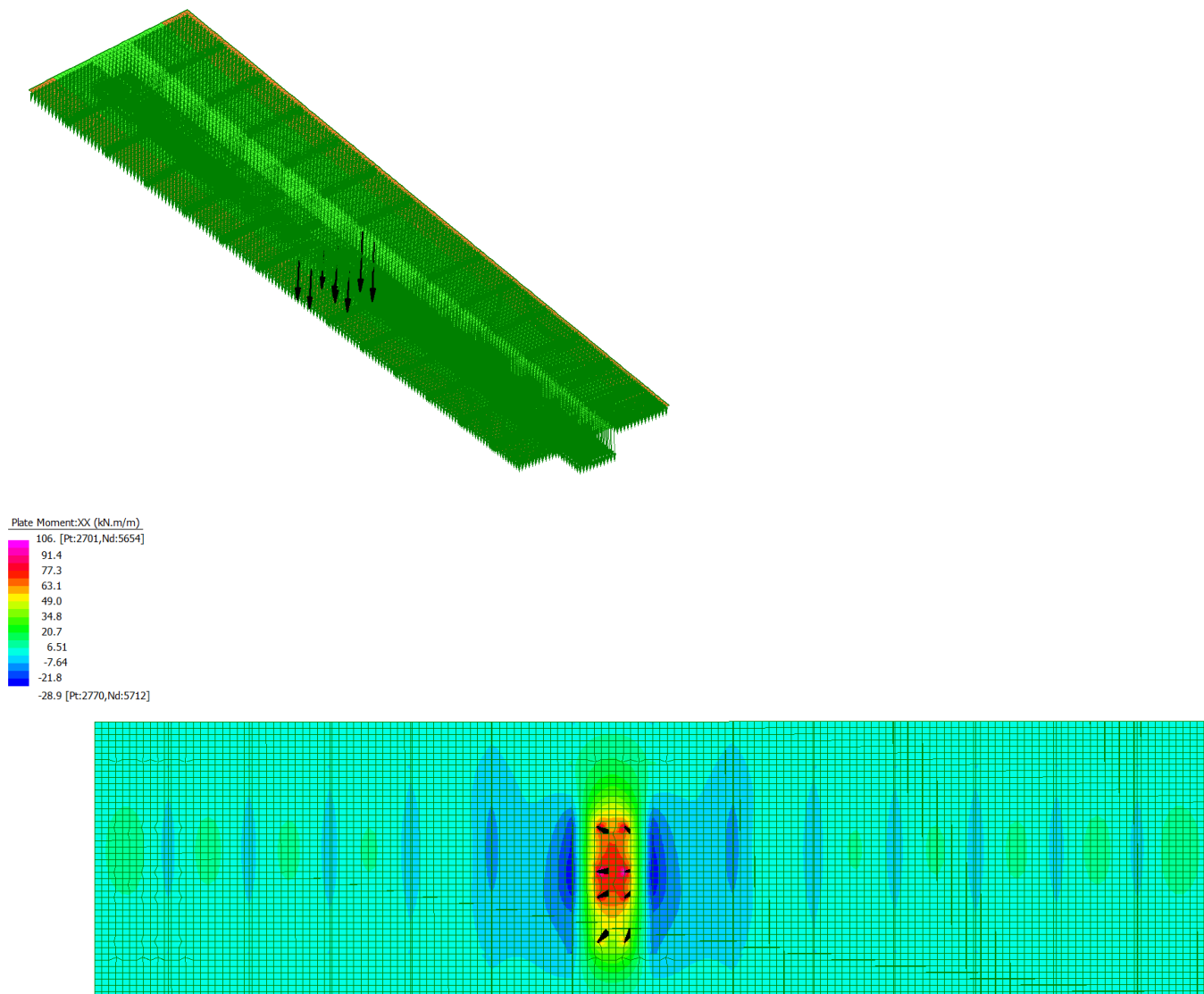
Pesi permanenti portati



Sezione	Permanent Portati		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	27.3	1.22	2.97
2	29.1	3.42	1.45
3	1.82	1.26	3.72
4	6.91	3.64	2.55

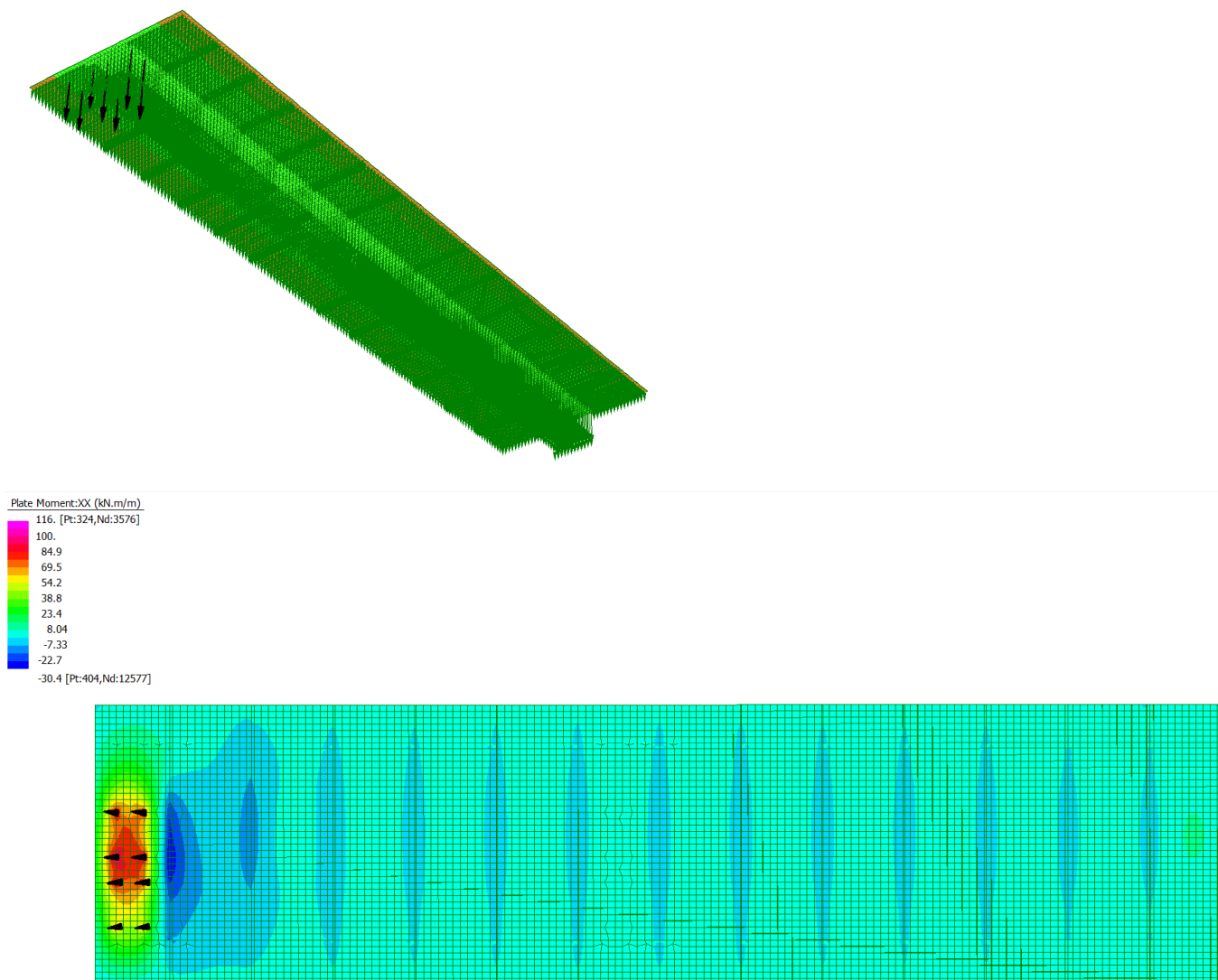


Schema 1, carichi concentrati in campata



Sezione	A) Traffico Full Campata_1		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	55.1	55.6	106
2	72.7	84.7	-28.9
3	0	0	0
4	0	0	0

Schema 1, carichi concentrati in appoggio



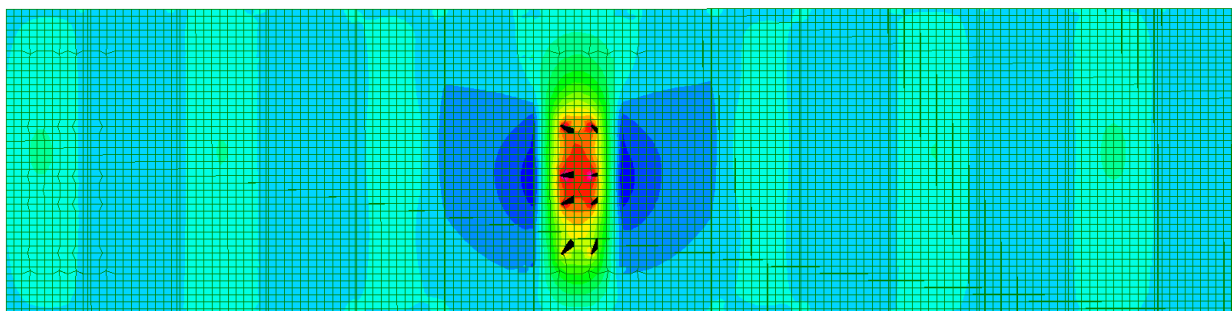
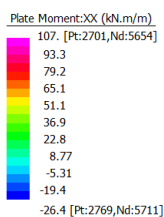
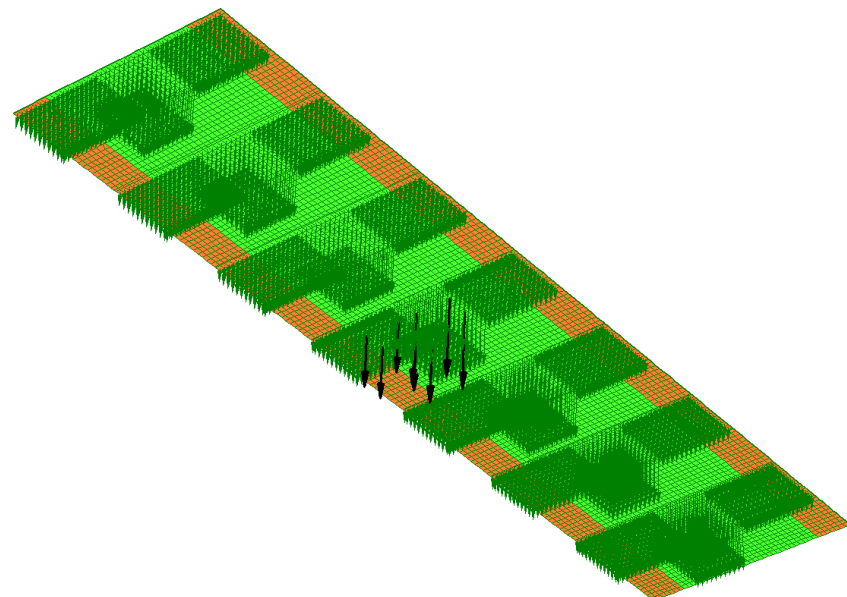
Sezione	B) Traffico Full Appoggio_1		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	-29.4	28	89.7
4	4.62	33.4	-30.4

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

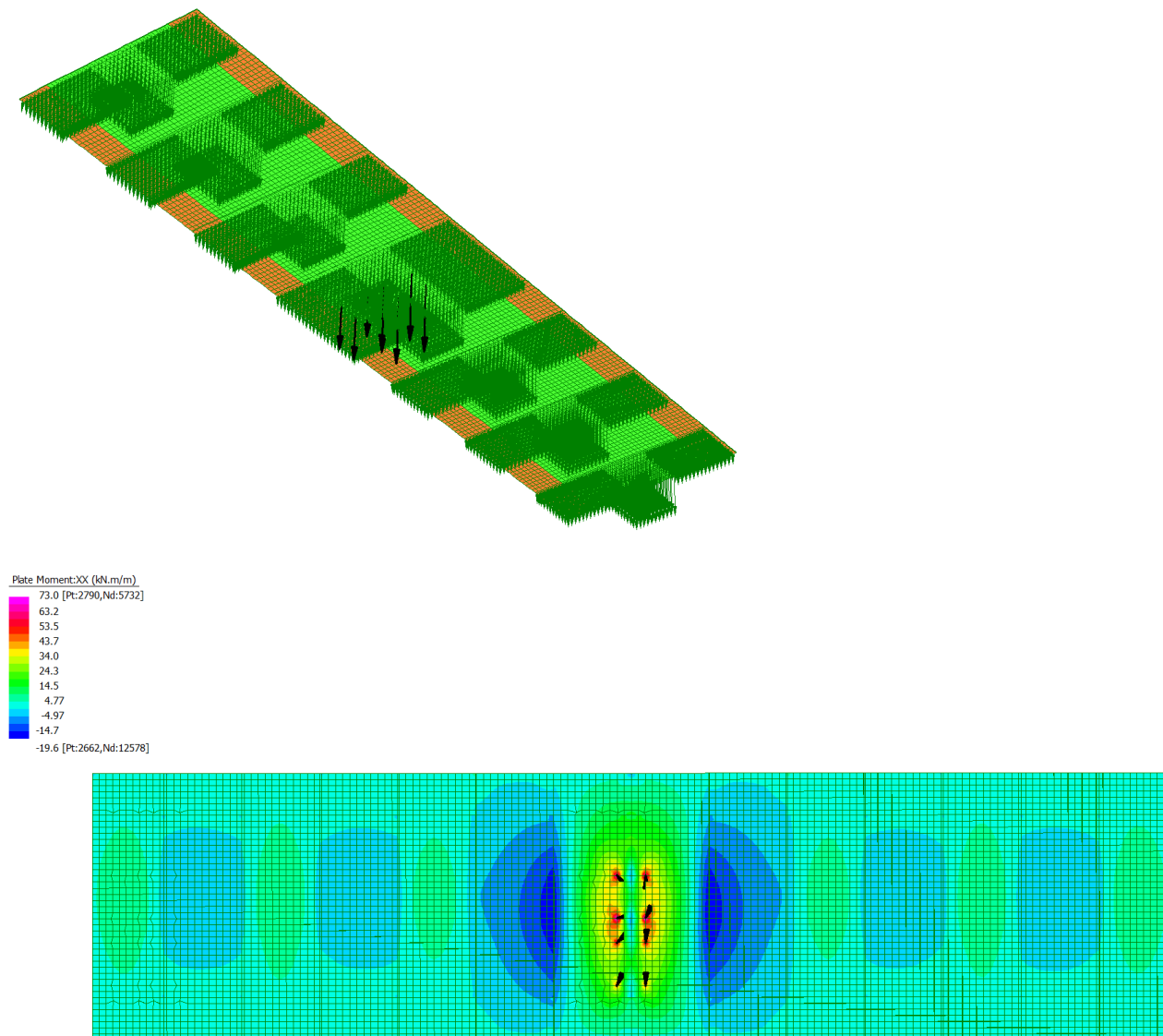
**Relazione di calcolo strutturale**

Schema 1 a scacchiera (Mmax+), carichi concentrati in campata



Sezione	C) Traffico Max(+) Campata_1		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	43.3	57.2	107
2	59.2	83.7	-26.3
3	0	0	0
4	0	0	0

Schema 1 a scacchiera (Mmax-), carichi concentrati in campata



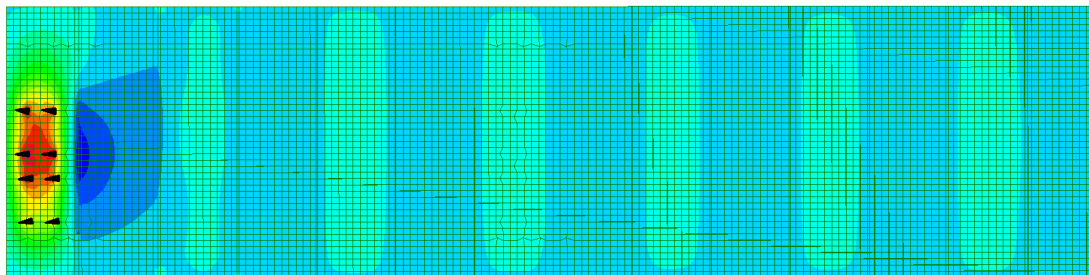
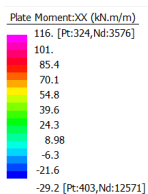
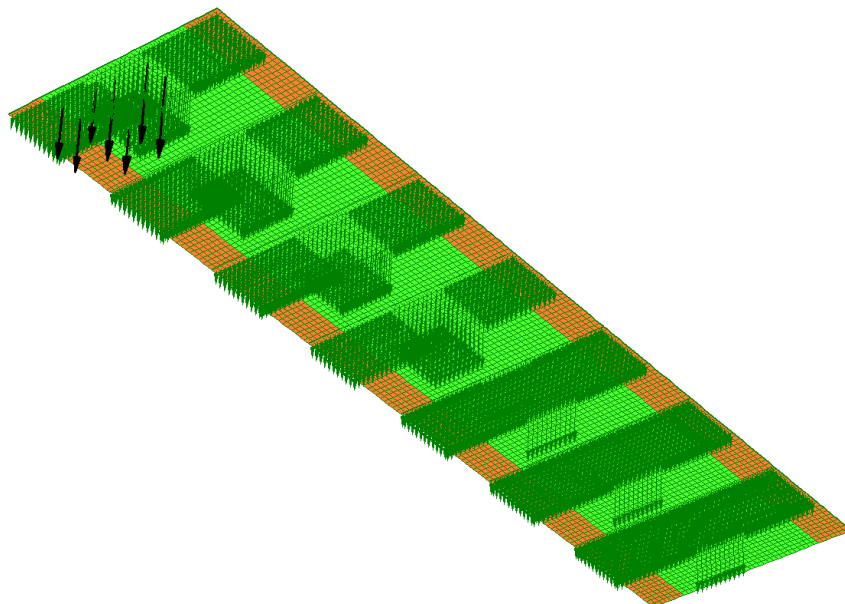
Sezione	D) Traffico Max(-) Campata_1		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	81.4	100	73
2	36.1	30	-19.6
3	0	0	0
4	0	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

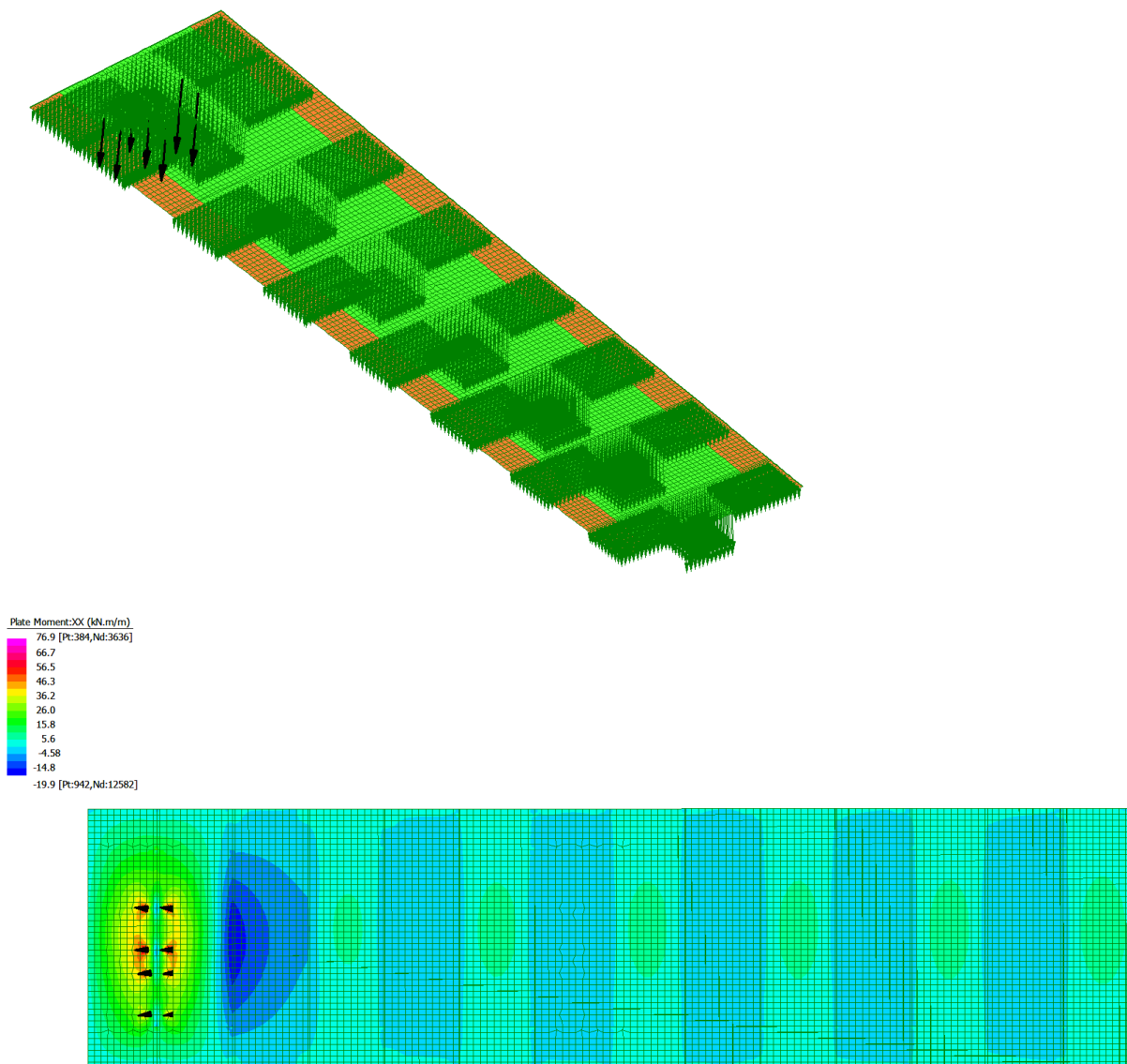
**Relazione di calcolo strutturale**

Schema 1 a scacchiera (Mmax+), carichi concentrati in appoggio



Sezione	E) Traffico Max(+) Appoggio_1		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	-31.4	33.8	90.1
4	-7.22	38.4	-29.1

Schema 1 a scacchiera (Mmax-), carichi concentrati in appoggio



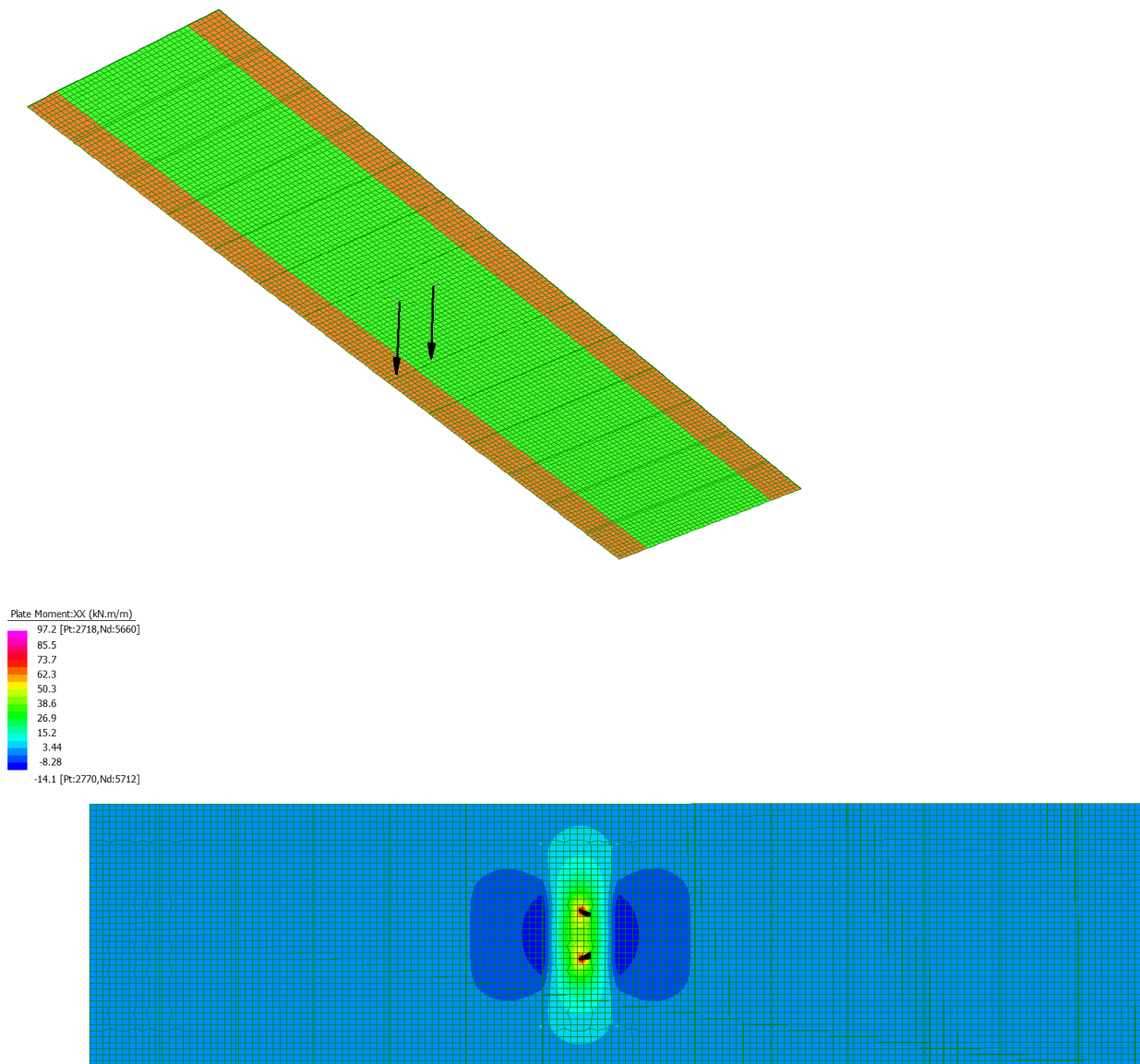
Sezione	F) Traffico Max(-) Appoggio_1		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	6.28	15.5	37.3
4	50.2	97.9	-7.92

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Schema 2 (Mmax+), carichi concentrati in campata



Sezione	G) Traffico Max(+) Campata_2		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	12.5	93.5	97.2
2	19.4	37.5	-14.1
3	0	0	0
4	0	0	0

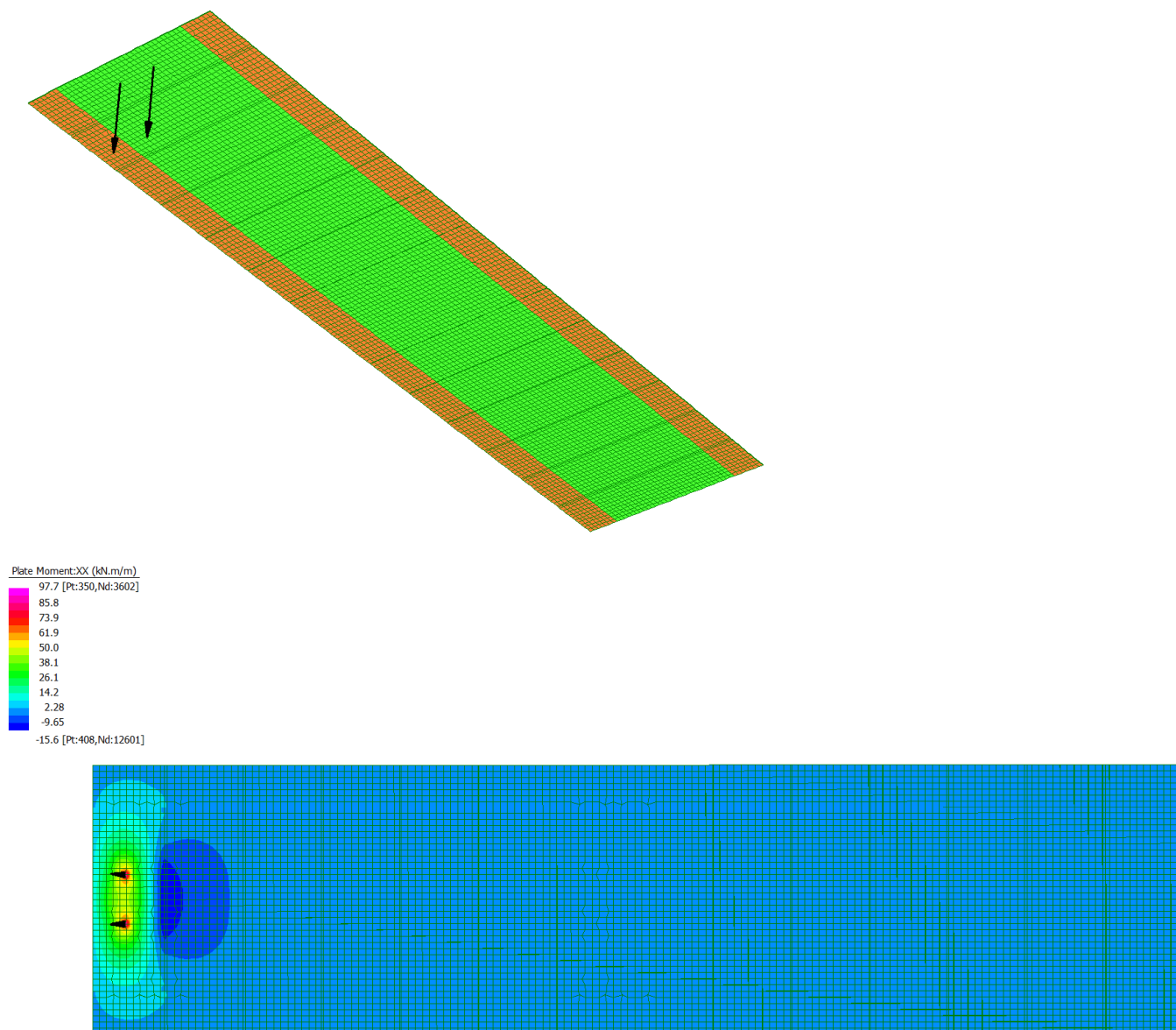


**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Schema 2 (Mmax+), carichi concentrati in appoggio



Sezione	H) Traffico Max(+) Appoggio_2		
	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0	0	0
2	0	0	0
3	-12.9	80.7	97.7
4	-6.37	40.6	-15.6



In merito alla convenzione dei segni scelta per gli sforzi assiali, il segno positivo indica uno stato tensionale di trazione della soletta, mentre invece il segno negativo indica compressione. Gli sforzi assiali di compressione, quindi con segno negativo, vengono cautelativamente trascurati in modo da massimizzare gli sforzi di trazione, molto più influenti, all'interno della soletta.

Di seguito vengono riportati le combinazioni elementari e gli inviluppi dei valori rispettivi di Sforzo Assiale, Taglio e Momento, già combinati agli Stati Limite Ultimo e Stati Limite di Esercizio (combinazione caratteristica, frequente e quasi permanente), che verranno utilizzati per le verifiche successive. Sono state compilate le sole righe di sollecitazione in cui il carico agisce in diretta prossimità della sezione di calcolo. Per esempio non è stata calcolata la sollecitazione agente nelle sezioni 3 e 4 per i casi di carico che prevedano il tandem nella mezzeria del ponte e viceversa, in quanto risultano ampiamente smorzate e quindi trascurabili.

### Relazione di calcolo strutturale

[illegible]

Massima azione assiale di trazione e flessione associata .

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

SLU						
Combo Nmax - Mass		Combo M+max - Nass		Combo M-max - Nass		Taglio massimo
N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	T [kN]
233	112	182	158	0	0	140
230	-33	0	0	230	-33	130
14	66	-11	148	0	0	114
88	0	0	0	27	-30	148
SLE - Rara						
Combo Nmax - Mass		Combo M+max - Nass		Combo M-max - Nass		
N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	
173	83	135	117	0	0	
170	-24	0	0	170	-24	
11	49	-8	109	0	0	
65	0	0	0	20	-23	
SLE - Frequente						
Combo Nmax - Mass		Combo M+max - Nass		Combo M-max - Nass		
N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	
152	65	124	90	0	0	
152	-17	0	0	152	-17	
9	40	-5	85	0	0	
53	2	53	2	19	-15	
SLE - Quasi Permanente						
Combo Nmax - Mass		Combo M+max - Nass		Combo M-max - Nass		
N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	
91	10	91	10	0	0	
98	5	98	5	0	0	
4	12	4	12	0	0	
15	8	15	8	0	0	

## 10.4 VERIFICHE STRUTTURALI

Cautelativamente le verifiche sono state condotte sull'involuppo dei massimi di sollecitazione. Le singole sezioni sono state verificate nei confronti delle sollecitazioni maggiormente significative.

La soletta è armata in direzione longitudinale, superiormente con ferri Ø20/20, inferiormente tramite l'acciaio della lastra predalle di spessore 5mm che funge da armatura per la soletta e nella zona a cavallo dei traversi, in cui la lastra è interrotta sono presenti spezzoni di barre Ø14 a passo 20 cm. Le staffe dei tralicci (staffe Ø12/20) fungono da armatura a taglio per la soletta. Vengono cautelativamente trascurati nelle verifiche i correnti sup./inf. dei tralicci. Le verifiche sono svolte su un metro lineare di soletta.

### 10.4.1 Verifiche a pressoflessione SLU

Sezione 1 – Combo Nmax – Mass

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

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

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	6,6
2	50	19,75

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed -233 0 kN

M xEd 112 0 kNm

M yEd 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ 67,5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391,3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3,5 ‰
$E_s$ 200.000 N/mm²	$f_{cd}$ 14,17
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0,8
$\epsilon_{syd}$ 1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9,75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0,6
	$\tau_{c1}$ 1,829

M xRd 274,5 kN m

$\sigma_c$  -14,17 N/mm²

$\sigma_s$  391,3 N/mm²

$\epsilon_c$  3,5 ‰

$\epsilon_s$  2,714 ‰

d 19,75 cm

x 11,12 x/d 0,5633

$\delta$  1

La sezione è dunque verificata.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Sezione 1 – Combo M+max – Nass

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

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

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	6,6
2	50	19,75

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione: ☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>o</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

**Materiali**

B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  N/mm²  
τ<sub>c1</sub>  N/mm²

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  cm x/d   
δ

La sezione è dunque verificata.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento

Relazione di calcolo strutturale

Sezione 2 – Combo Nmax – Mass

Verifica C.A. S.L.U. - File: — □ ×

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

Titolo:

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	5,4
2	7,7	19,75

**Sollecitazioni**

S.L.U. → Metodo n ←

N<sub>Ed</sub>   kN

M<sub>xEd</sub>   kNm

M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰

$E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   ‰

$E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?

$\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$

$\tau_{ct}$

M<sub>xRd</sub>  kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d

$\delta$

**Tipo Sezione**

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Metodo di calcolo**

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

La sezione è dunque verificata.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

**Sezione 3 – Combo Nmax – Mass**

Verifica C.A. S.L.U. - File: — □ ×

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

Titolo:

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	6,6
2	50	19,75

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN

M<sub>xEd</sub>   kNm

M<sub>yEd</sub>

P.to applicazione N: ☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d  δ

Materiali: B450C C25/30

ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰

E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  N/mm²

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub> / f<sub>cd</sub>  ?

ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  N/mm²

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  τ<sub>c1</sub>

Tipo Sezione: ☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

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

☐ Metodo n

Tipo flessione: ☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

La sezione è dunque verificata.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Sezione 3 – Combo M+max – Nass

Verifica C.A. S.L.U. - File: □ ×

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

Titolo:

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	6,6
2	50	19,75

Sollecitazioni  
S.L.U. → Metodo n ←

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd

L<sub>0</sub>  cm

☐ Precompresso

**Materiali**

B450C		C25/30	
ε <sub>su</sub>	<input type="text" value="67,5"/> ‰	ε <sub>c2</sub>	<input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub>	<input type="text" value="391,3"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub>	<input type="text" value="3,5"/> ‰
E <sub>s</sub>	<input type="text" value="200.000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="14,17"/> N/mm²
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	<input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> / f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="0,8"/> ?
ε <sub>syd</sub>	<input type="text" value="1,957"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="9,75"/> N/mm²
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0,6"/>
		τ <sub>ct1</sub>	<input type="text" value="1,829"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>c</sub>  ‰  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d  cm  
x  x/d   
δ

La sezione è dunque verificata.



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

**Sezione 4 – Combo M-max – Nass**

Verifica C.A. S.L.U. - File: — □ ×

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

📄 🗑️ 📁 🖨️

**Titolo:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	6,6
2	7,7	19,75

N° strati barre  Zoom

**Sollecitazioni**

S.L.U. → Metodo n ←

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="-27"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN

yN

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Tipo Sezione**

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

File

**Materiali**

**B450C**

ε<sub>su</sub>  ‰

f<sub>yd</sub>  N/mm²

E<sub>s</sub>  N/mm²

E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>

ε<sub>syd</sub>  ‰

σ<sub>s,adm</sub>  N/mm²

**C25/30**

ε<sub>c2</sub>  ‰

ε<sub>cu</sub>

f<sub>cd</sub>

f<sub>cc</sub> / f<sub>cd</sub>  ?

σ<sub>c,adm</sub>

τ<sub>co</sub>

τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d

δ

**Metodo di calcolo**

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>o</sub>  cm Col. modello

☐ Precompresso

La sezione è dunque verificata.

#### **10.4.2 Verifica a taglio SLU**

Il taglio massimo, valutato a meno della larghezza della piattabanda superiore del traverso, risulta pari a:

$$V_{sd} = 148 \text{ kN}$$

Nella medesima sezione è stato valutato uno sforzo assiale di trazione pari a:

$$N_{sd} = -88 \text{ kN}$$

La resistenza alle sollecitazioni di taglio della soletta potrebbe essere affidata alla sola resistenza del calcestruzzo, considerando la sezione non armata. Nonostante ciò, la normativa prescrive di considerare la resistenza a taglio del calcestruzzo nulla in presenza di sforzi significativi di trazione. Si procede quindi affidando la resistenza a taglio della soletta ai Ø10 a passo 20 cm del traliccio della predalle (su 1m di larghezza sono presenti 2.5 tralicci, essendo a passo 40cm).

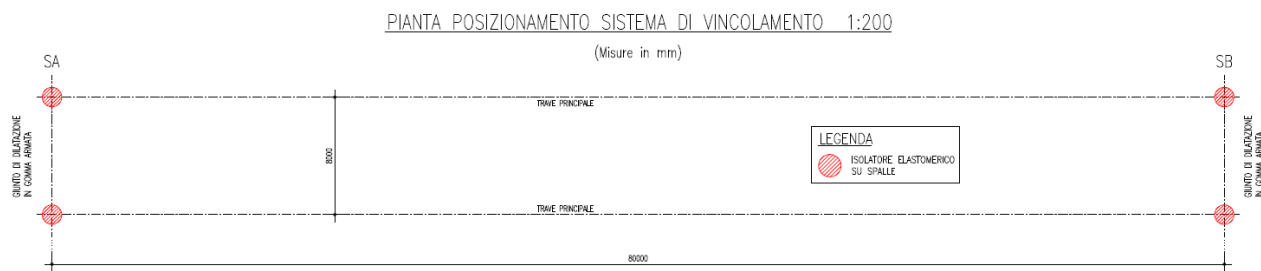
$V_{sdu}$	148	kN
$R_{ck}$	45	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1,5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$b_w$	100	cm
$d$	15,00	cm
$A_{sl}$	15,70	cm <sup>2</sup>
$c$	0,25	cm
$\alpha$	71	gradi
$\alpha$	1,24	rad
$\theta$	21,80	gradi
$ctg\theta$	2,50	
$\theta_{\text{imposto}}$	21,80	gradi
$A_{sw}$	3,93	cm <sup>2</sup>
passo staffe	20,00	cm
$f_{cd}$	19,833	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391,304	N/mm <sup>2</sup>
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
$V_{Rcd}$	525,188	kN
$V_{Rsd}$	278,827	kN
$V_{Rd}$	278,827	kN

La verifica è dunque soddisfatta.

## 11 APPARECCHIATURE DI APPOGGIO E GIUNTI

Il sistema di vincolo dell'impalcato su spalle è costituito da isolatori elastomerici a elevato smorzamento.

Si riporta di seguito una pianta dell'impalcato con indicazione degli isolatori:



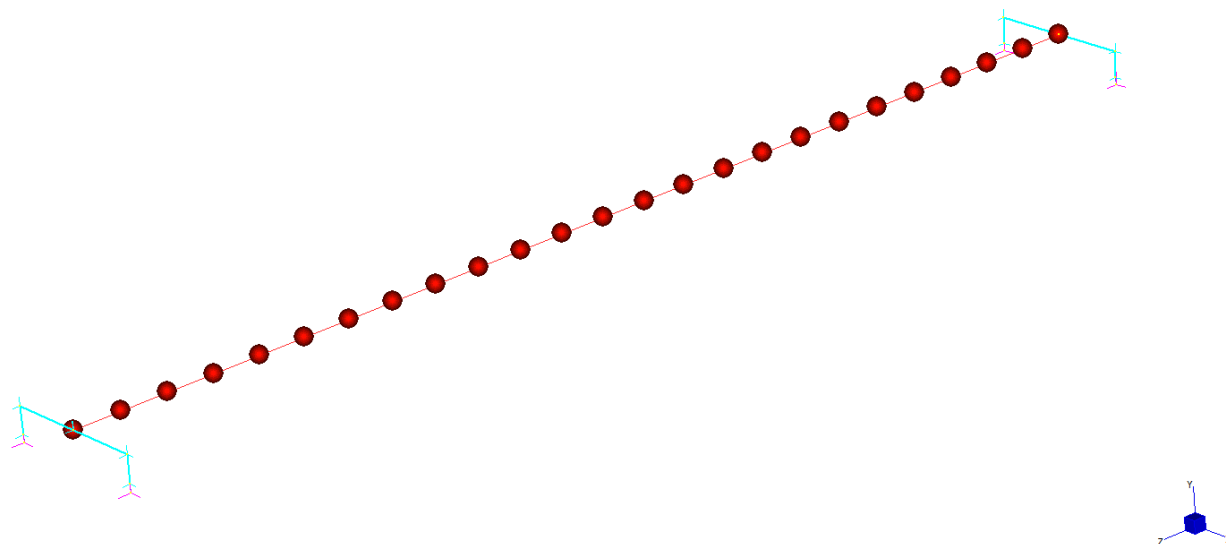
Gli isolatori di spalla hanno:

Rigidezza per elevati spostamenti (fase sismica) pari a 5.00 kN/mm

Rigidezza per bassi spostamenti (fase statica) pari a 10.00 kN/mm

Sulla base delle rigidezze sopra esposte è stato realizzato un modello di calcolo monofilare con il quale è stato indagato il comportamento sismico dell'opera.

Si riporta di seguito una immagine in pianta del modello di calcolo:



L'analisi sismica condotta è del tipo modale con spettro di risposta, che si articola nei seguenti passaggi:

Analisi delle principali frequenze di vibrazione fondamentali tali da attivare almeno l'85% della massa sismica

Analisi modale con spettro di risposta per determinare le massime azioni sugli appoggi

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Analisi statica per combinare le azioni sismiche spettrali alle azioni statiche quali pesi e variazioni termiche, da combinare opportunamente tra loro.

Di seguito si riportano le deformate delle principali frequenze di oscillazione dell'impalcato ed una tabella finale riassuntiva con i modi di vibrare e relative frequenze e masse sismiche eccitate:

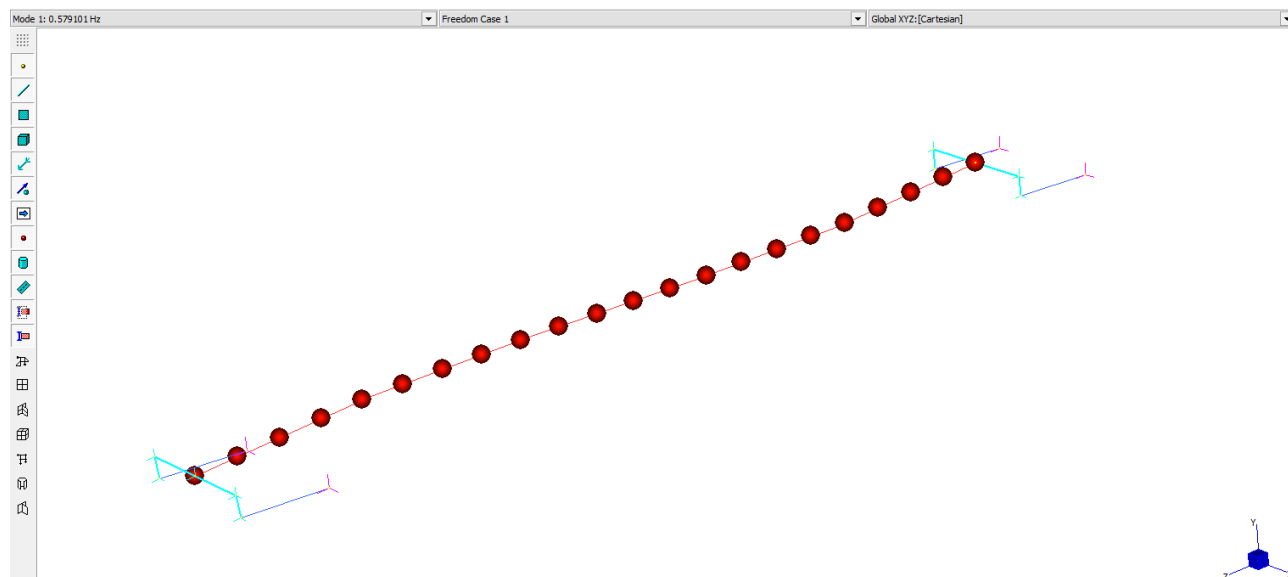
MODE PARTICIPATION FOR TRANSLATIONAL EXCITATION						
Mode	Frequency (Hz)	Modal Mass (Eng)	Modal Stiff (Eng)	PF-X (%)	PF-Y (%)	PF-Z (%)
1	5.7910E-01	1.4790E+06	1.9582E+07	0.000	0.000	100.000
2	5.8506E-01	1.4790E+06	1.9987E+07	100.000	0.000	0.000
3	5.8941E-01	1.4790E+06	2.0285E+07	0.000	0.000	0.000
4	7.2308E+00	1.4790E+06	3.0529E+09	0.000	0.000	0.000
TOTAL TRANSLATIONAL MASS PARTICIPATION FACTORS				100.000	0.000	100.000

# Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello

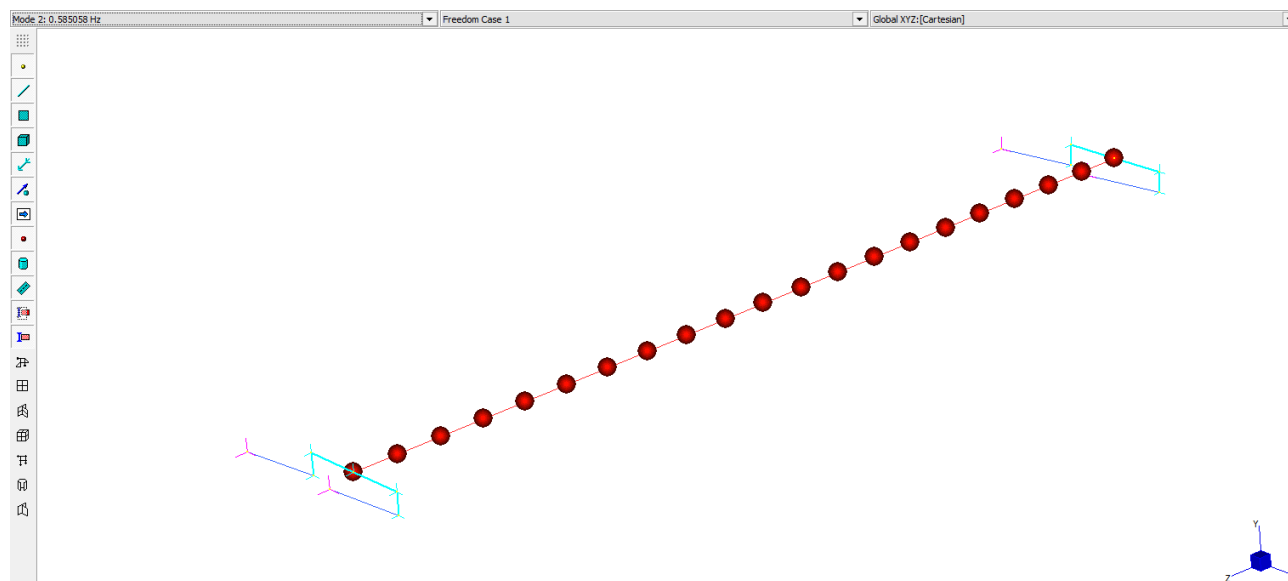
## Documento

## Relazione di calcolo strutturale

### 1° MODO:



### 2° MODO:



#### MODE PARTICIPATION FOR TRANSLATIONAL EXCITATION

Mode	Frequency (Hz)	Modal Mass (Eng)	Modal Stiff (Eng)	PF-X (%)	PF-Y (%)	PF-Z (%)
1	7.4775E-01	1.9820E+06	4.3749E+07	93.686	0.072	0.000
2	7.6613E-01	1.9792E+06	4.5863E+07	0.072	92.494	0.000
3	8.9770E-01	6.1007E+05	1.9409E+07	0.000	0.000	0.002
4	1.2551E+00	9.8965E+05	6.1548E+07	0.002	0.000	0.000
5	1.9443E+00	9.4995E+05	1.4177E+08	0.000	0.000	64.092

TOTAL TRANSLATIONAL MASS PARTICIPATION FACTORS 93.760 92.567 64.094

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

## **11.1 AZIONI APPOGGI**

Si riporta la tabella appoggi riassuntiva per ogni apparecchio di appoggio.

Il dimensionamento degli apparecchi di appoggio è svolto rispetto allo SLC, poiché il sistema d'isolamento deve essere in grado di sopportare gli spostamenti previsti in tale stato limite.

Vengono riportate sia le sollecitazioni elementari sia le sollecitazioni combinate secondo i coefficienti da normativa.

COMBINAZIONI A1 STR Tab 5.1.V NTC08									
		G1,G2	q5 Vento	q1 Traffico	q3 Frenatura	q4 Centrifuga	ε3 Azione termica	ε2 Ritiro	ε4 Cedimenti
<b>SLU</b>	<i>SLU 1</i>	1.35	1.5	1.0125	0	0	0.72	1.2	1.2
	<i>SLU 2</i>	1.35	0.9	1.35	0	0	0.72	1.2	1.2
	<i>SLU 3</i>	1.35	0.9	1.0125	1.35	0	0.72	1.2	1.2
	<i>SLU 4</i>	1.35	0.9	1.0125	0	1.35	0.72	1.2	1.2
	<i>SLU 5</i>	1.35	0.9	1.0125	0	0	1.2	1.2	1.2
COMBINAZIONI SISMICHE									
		G1,G2	E vert	E long	E trasv	ε3 Azione termica	ε2 Ritiro	ε4 Cedimenti	
<b>SLC</b>	<i>SLC1</i>	1	1	0.3	0.3	0.5	1.2	1.2	
	<i>SLC2</i>	1	0.3	1	0.3	0.5	1.2	1.2	
	<i>SLC3</i>	1	0.3	0.3	1	0.5	1.2	1.2	

Sulla base di questi risultati si riportano di seguito le caratteristiche richieste agli isolatori di spalla:

<b>SPALLA</b>				
	N max [kN]	N min [kN]	Hlong [kN]	Htrasv [kN]
Pesi Propri	2930	2930	0	0
Vento	63	-63	0	150.0
Traffico	1845	1845	0	0
Frenatura	0	0	144	0
Azione termica	0	0	210	0
L) $E_x + 0.3E_y + 0.3E_z \pm DT$	112	-112	675	188
T) $0.3E_x + E_y + 0.3E_z \pm DT$	238	-238	242	626

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Le sollecitazioni combinate diventano:

Appoggio	COMBO	N max compr [kN]	N max traz [kN]	H long imp. [kN]	H long DT [kN]	H long TOT [kN]	H trasv [kN]	$H_{comb}=\sqrt{(H_{long}^2+H_{trasv}^2)}$ [kN]
<b>Spalla</b>	<i>SLU 1</i>	5918	4704	0	160	160	225	276
	<i>SLU 2</i>	6503	5364	0	160	160	135	209
	<i>SLU 3</i>	5880	4741	194	160	354	135	379
	<i>SLU 4</i>	5880	4741	0	160	160	135	209
	<i>SLU 5</i>	5880	4741	0	260	260	135	293
<b>Spalla</b>	<i>SLC 1</i>	2930	2930			7	0	7
	<i>SLC 2</i>	3042	2818			682	188	707
	<i>SLC 3</i>	3168	2692			249	626	674

La tabella finale con le caratteristiche degli isolatori:

## CARATTERISTICHE DISPOSITIVI DI APPOGGIO

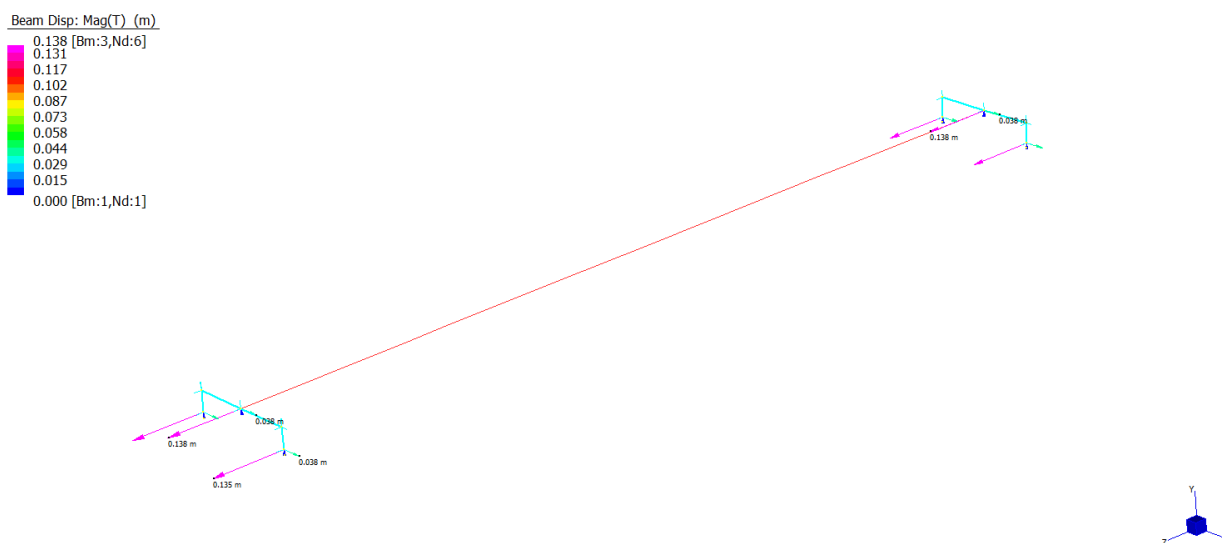
 ISOLATORE ELASTOMERICO SU SPALLE	
DIMENSIONI DELLA GOMMA	Ø 600 mm
ALTEZZA TOT. GOMMA E LAMIERINI (escluse piastre di ancoraggio)	147 mm
CARICO VERTICALE STATICO MASSIMO (SLU)	6550 kN
TAGLIO LONGITUDINALE MASSIMO (SLU)	360 kN
TAGLIO TRASVERSALE MASSIMO (SLU)	230 kN
DEFORMAZIONE LONGITUDINALE TERMICA MASSIMA (CARATTERISTICA)	30mm
AZIONE LONGITUDINALE SISMICA MASSIMA (SLC)	700 kN
AZIONE TRASVERSALE SISMICA MASSIMA (SLC)	650 kN
RIGIDEZZA ORIZZONTALE ELASTICA IN CONDIZIONI DINAMICHE	5 kN/mm
RIGIDEZZA ORIZZONTALE AL 10% DELLO SPOSTAMENTO	10 kN/mm
SMORZAMENTO EQUIVALENTE	15%

## 11.2 VARCO E GIUNTI

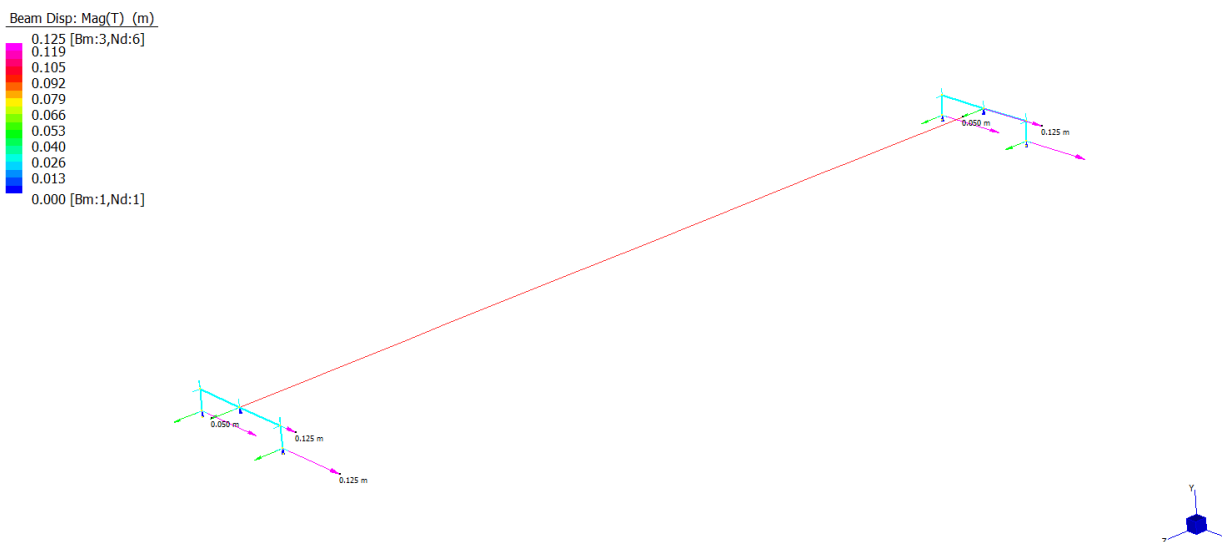
Il giunto viene dimensionato per la massima escursione all'SLD/esercizio, mentre sia in direzione trasversale che longitudinale si riportano gli spostamenti all'SLC, che risultano necessari per definire il varco in longitudinale tra soletta e paraghiaia.

### 11.2.1 Dimensionamento varco

Lo spostamento massimo dell'impalcato atteso in corrispondenza delle spalle (in  $SLC+0.5*DT$ ) è pari a:



Lo spostamento max all'SLC in direzione long. è pari a 13.8 cm



Lo spostamento max all'SLC in direzione trasv. è pari a 12.5cm



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

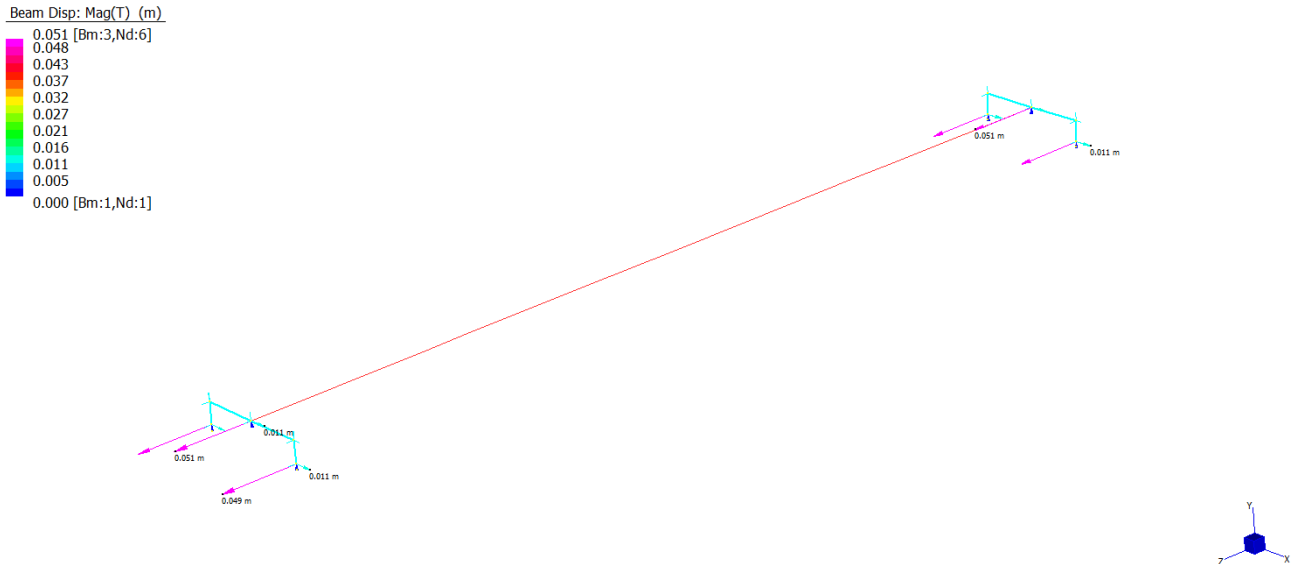
**Relazione di calcolo strutturale**

---

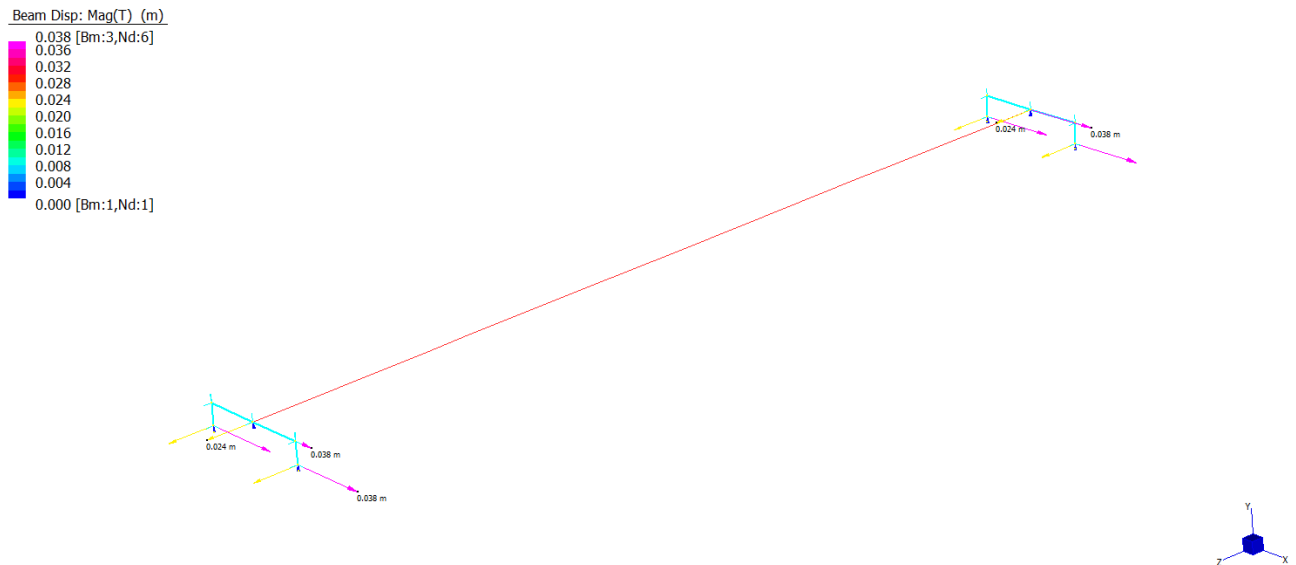
Si sceglie un varco sulle spalle di entrambi gli impalcati pari a 160 mm misurato in retto all'impalcato: tale valore è assunto per problemi geometrici ed è sufficiente a garantire lo spostamento all'SLC.

### 11.2.2 Dimensionamento giunti

Lo spostamento massimo dell'impalcato atteso in corrispondenza dei giunti sulle spalle (in SLD) è pari a:



Lo spostamento max all'SLD in direzione long. è pari a 5.1cm



Lo spostamento max all'SLD in direzione trasv. è pari a 3.8cm

Si scegli quindi un giunto strutturale sulle spalle con escursione massima pari a:

$$E = \pm 60 \text{ mm}$$

## **12 SPALLE**

Si riportano di seguito le verifiche relative alle spalle del ponte in oggetto.

Ciascuna delle due spalle è costituita da un paraghiaia incastrato su una trave di coronamento in conglomerato cementizio armato. Il paraghiaia presenta altezza pari a 1.50 m mentre la trave di coronamento presenta altezza pari a 1.20 m e larghezza pari a 2.30 m. Sulla trave di coronamento vengono ancorati gli isolatori relativi alle due travi dell' impalcato. La trave di coronamento viene fondata su diaframmi in conglomerato cementizio armato di spessore pari a 1.0 m e lunghezza totale pari a 36.0 m. Lo sviluppo del diaframma frontale della spalla è pari a 10.0 m mentre quello dei due diaframmi laterali è pari a 2.50 m per ciascun lato della spalla.

### **12.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

#### **12.1.1 Normativa di riferimento**

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- [2] CIRCOLARE ESPLICATIVA delle NTC2018.
- [3] AGI Associazione Geotecnica Italiana (1984) - Raccomandazioni sui pali di fondazione.

#### **12.1.2 Riferimenti bibliografici**

- [4] Berezantzev V.G. (1965) – Design of deep foundations. Proc. VI ICSHFE, Montreal, Canada, vol. 2, pp 234-237.

## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano le caratteristiche dei materiali utilizzati nell'opera in oggetto.

### 12.1.3 Acciaio

#### Acciaio per armature

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento	$f_{yk}$	>	450 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di rottura	$f_{tk}$	>	540 N/mm <sup>2</sup>

### 12.1.4 Calcestruzzo strutturale

#### Paraghiaia e trave di coronamento

Classe di resistenza : C32/40

Classe di esposizione : XC4

#### Diaframma di fondazione

Classe di resistenza : C25/30

Classe di esposizione : XC2

#### Magrone di pulizia e livellamento

Classe di resistenza : C12/15

Classe di esposizione : X0

## **12.2 CRITERI DI CALCOLO**

L'opera in oggetto si comporta come opera di sostegno flessibile e viene dimensionata e verificata facendo riferimento a quanto contenuto in Normativa per le paratie.

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM17/01/2018 "Norme Tecniche per le costruzioni" e relative Istruzioni.

Le verifiche geotecniche (GEO) e strutturali (STR) vengono effettuate facendo riferimento al metodo semi-probabilistico agli stati limite, in cui la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. In particolare viene verificata la sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e degli stati limite di esercizio (SLE).

### **12.2.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)**

Come previsto dalla vigente normativa, per quanto riguarda le paratie le verifiche STR e GEO devono essere condotte facendo riferimento all' Approccio 1 sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti:

- Approccio 1:
- Combinazione 1: A1+M1+R1;
  - Combinazione 2: A2+M2+R1;

Per queste due combinazioni si è tenuto conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, e 6.2.II.

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

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

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

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

Per quanto riguarda l'opera in oggetto, trattandosi di una paratia, nelle verifiche STR si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali mentre per quanto riguarda le verifiche GEO si effettua la verifica di infissione della paratia.

Le verifiche strutturali STR vengono effettuate con la Combinazione 1 - A1+M1+R1 mentre le verifiche geotecniche GEO vengono effettuate con la Combinazione 2 - A2+M2+R1.

Le verifiche devono essere effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e con i coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo R1 pari all'unità.

### **12.2.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)**

Nelle condizioni di servizio si controllano le ampiezze degli spostamenti della paratia ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e resistenze caratteristiche.

## **12.3 CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN CEMENTO ARMATO**

### **12.3.1 Resistenza a sforzo normale e flessione**

Si fa riferimento alle ipotesi di base riportate nel paragrafo 4.1.2.1.2.1 delle NT:

- Conservazione delle sezioni piane,
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo,
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla,
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione,
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Per quanto concerne i materiali si adotta il diagramma di calcolo tensione-deformazione “parabola-rettangolo” per il calcestruzzo, elastico-perfettamente plastico per l'acciaio.

La verifica di resistenza si conduce confrontando  $M_{Rd}(N_{Ed})$  con  $M_{Ed}$  come indicato di seguito:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ,

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione,

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

### **12.3.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio**

Si distingue tra elementi non armati a taglio (paragrafo 4.1.2.1.3.1 delle NT) ed elementi armati a taglio con staffe (paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NT).

#### **Elementi non armati a taglio**

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

dove:

$V_{Rd}$  è il valore di calcolo della resistenza a taglio,

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \{0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \sigma_{cp}\} b_w d \geq (v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) b_w d$$

Con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$u_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm),

$\rho_l$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ ),

$\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 f_{ck}$ ),

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

### **Elementi armati a taglio**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  per elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio è valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio.

Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo ed i puntoni d'anima inclinati.

L'inclinazione  $\vartheta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i seguenti limiti:

$$1 \leq \text{ctg } \vartheta \leq 2.5.$$

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

dove:

$V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale (staffe), la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw}/s f_{yd} \text{ctg } \vartheta.$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f_{cd} \text{ctg } \vartheta (1 + \text{ctg}^2 \vartheta).$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd}, V_{Rsd}),$$

dove:



$d$	è l'altezza utile della sezione,
$\sigma_{cp}$	è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0.2 f_{ck}$ ),
$b_w$	è la larghezza minima della sezione,
$A_{sw}$	è l'area dell'armatura trasversale,
$s$	è l'interasse tra due armature trasversali consecutive,
$f_{cd}$	è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima,
$\alpha_c$	è il coefficiente maggiorativo funzione di $\sigma_{cp}$ .

### **12.3.3 Verifiche allo stato limite di fessurazione**

In ordine di severità si distinguono i seguenti stati limite:

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

$$\sigma_{ct} = f_{ctm}/1.2,$$

con  $f_{ctm}$  definito definito nel paragrafo 11.2.10.2 delle NT;

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

$$w_1 = 0.2 \text{ mm},$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm},$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

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

Le combinazioni di riferimento sono:

- le combinazioni Quasi Permanenti,
- le combinazioni Frequenti.

Le condizioni ambientali si distinguono come riportato nella tabella seguente:

<b>CONDIZIONI AMBIENTALI</b>	<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4
------------------	------------------------------

Per quanto concerne la sensibilità delle armature, trattandosi di armature di acciaio ordinario queste si considerano poco sensibili.

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

La scelta dei limiti di fessurazione si esegue sulla base di quanto riportato nella tabella seguente:

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

Per quanto concerne gli stati limite di decompressione (“a” nell’elenco precedente) e di formazione delle fessure (“b”), le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Per quanto concerne lo stato limite di apertura delle fessure il valore di calcolo di apertura  $w_d$  non deve superare i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  secondo quanto riportato nella tabella precedente.

Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1.7 w_m,$$

dove:

$w_m$  rappresenta l’ampiezza media delle fessure.

L’ampiezza media delle fessure  $w_m$  è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura  $\epsilon_{sm}$  per la distanza tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}.$$

Per i valori di  $\epsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  si fa riferimento a quanto indicato da comprovata letteratura tecnica.

Nella Circolare Applicativa del 2009, si fa riferimento al seguente calcolo per  $w_d$ :

$$w_d = \epsilon_{sm} \Delta_{smax}$$

dove:

$\Delta_{smax}$  rappresenta la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria delle barre,  $\epsilon_{sm}$ , può essere calcolata con la seguente espressione:

$$\varepsilon_{sm} = 1/E_s [ \sigma_s - k_t f_{ctm}/\rho_{eff} (1 + \alpha_e \rho_{eff}) ] \geq 0.6 \sigma_s/E_s,$$

dove:

$\sigma_s$  è la tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata,

$\alpha_e$  è il rapporto  $E_s/E_{cm}$ ,

$\rho_{eff}$  è pari ad  $A_s/A_{c,eff}$ ,

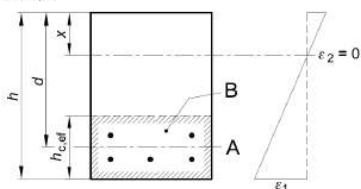
$A_{c,eff}$  è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza  $h_{c,ef}$ , dove  $h_{c,ef}$  è il valore minore tra  $2.5(h-d)$ ,  $(h-x)/3$  ed  $h/2$  (come indicato in figura seguente).

Nel caso di elementi in trazione, in cui esistono due aree efficaci, l'una all'estradosso e l'altra all'intradosso, entrambe le aree vanno considerate separatamente,

$k_t$  è un fattore dipendente dalla durata del carico.

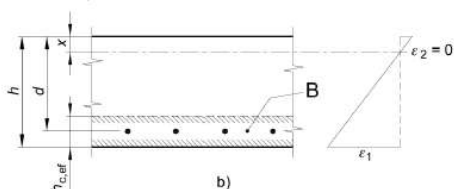
Legenda

- a) Trave  
A Livello del baricentro dell'acciaio  
B Area tesa efficace,  $A_{c,eff}$



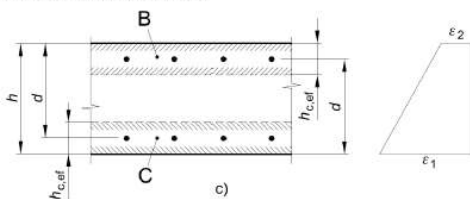
a)

- b) Piastra  
B Area tesa efficace,  $A_{c,eff}$



b)

- c) Elemento in trazione  
B Area tesa efficace di estradosso,  $A_{c,et,eff}$   
C Area tesa efficace di intradosso,  $A_{c,ib,eff}$



c)

**Fig. C4.1.9 Area tesa efficace. Casi tipici.**

**Figura 12.1 Area tesa efficace. Casi tipici**

Per quanto concerne la distanza massima  $\Delta_{smax}$ , nel caso in cui l'armatura sia disposta con una spaziatura non superiore a  $5 (c + \phi/2)$ , essa può essere valutata come segue:

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_3 k_4 \phi / \rho_{eff},$$

dove:

- $\phi$  è il diametro delle barre (se nella sezione sono impiegate barre di diametro diverso si raccomanda l'uso di un opportuno diametro equivalente  $\phi_{eq}$ ),
- $c$  è il ricoprimento delle barre di armatura,
- $k_1$  è funzione dell'aderenza delle armature,
- $k_2$  è funzione dello stato sollecitativo di trazione o flessione,
- $k_3$  assume il valore fisso di 3.4,
- $k_4$  assume il valore fisso di 0.425.

Nel caso in esame, come riportato nelle caratteristiche dei materiali, paraghiaia e trave di coronamento presentano classe di esposizione XC4 mentre i diaframmi di fondazione presentano classe di esposizione XC2. Pertanto si ottengono i seguenti limiti per lo stato limite di fessurazione:

	<b>Condizioni ambientali</b>	<b>Combinazione di azioni</b>	<b>limite apertura fessure <math>w_d</math></b>
<b>Paraghiaia e trave di coronamento</b>	Aggressive	Frequente	$\leq w_3 = 0.3 \text{ mm}$
		Quasi Permanente	$\leq w_2 = 0.2 \text{ mm}$
<b>Diaframmi di fondazione</b>	Ordinarie	Frequente	$\leq w_3 = 0.4 \text{ mm}$
		Quasi Permanente	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$

#### **12.3.4 Verifiche delle tensioni in esercizio**

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$  deve rispettare la seguente limitazione:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \quad \text{per combinazione caratteristica (rara),}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \quad \text{per combinazione quasi permanente.}$$

La tensione massima per l'acciaio  $\sigma_s$  deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \quad \text{per combinazione caratteristica.}$$

### **12.3.5 Verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico**

Per quanto riguarda la paratia in oggetto le verifiche di sicurezza significativa allo SLU di tipo geotecnico sono la verifica di infissione della paratia, le verifiche di stabilità globale e la verifica di portanza nei confronti dei carichi assiali del diaframma, ovvero:

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
- stabilità globale del complesso opera di sostegno – terreno;
- collasso per carico limite del diaframma nei riguardi dei carichi assiali.

## 12.4 RESISTENZA DEL DIAFRAMMA AI CARICHI ASSIALI

### 12.4.1 Generalità

La resistenza di progetto a compressione (o trazione) del diaframma  $R_{c,d}$  (o  $R_{t,d}$ ), da confrontare con la massima azione di compressione (o trazione) agente in testa al diaframma  $E_d$ , sono date dalle seguenti espressioni:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} / \gamma_R \quad \text{Resistenza di progetto a compressione}$$

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_R} = \min \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} / \gamma_R \quad \text{Resistenza di progetto a trazione}$$

dove:

$R_{c,cal}$  e  $R_{t,cal}$  resistenza di calcolo del diaframma, rispettivamente a compressione e a trazione, determinate ad una data profondità secondo quanto descritto di seguito;

$\xi_3, \xi_4$  fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica del diaframma in funzione del numero di verticali indagate, valutati secondo quanto indicato di seguito;

$R_{c,k}$  e  $R_{t,k}$  resistenza caratteristica del diaframma rispettivamente a compressione e a trazione ad una data profondità calcolate secondo quanto indicato di seguito;

$\gamma_R$  coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato, valutati secondo quanto indicato di seguito.

#### **12.4.2 Resistenza laterale di calcolo**

La resistenza laterale di calcolo è stata determinata, in base al tipo di terreno attraversato, come indicato nel seguito. Si è fatto riferimento a quanto contenuto in AGI (1984) e ai criteri di Reese & O'Neill.

##### Terreni coesivi:

$$f_i = \alpha_i \times c_{ui}$$

in cui:

$\alpha_i$  = coefficiente di adesione laterale = 0.5

$c_{ui}$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate media nel tratto i-esimo di diaframma considerato;

##### Terreni incoerenti:

$$\tau_{LIM} = K \cdot \sigma'_v \cdot \tan(\phi),$$

dove:

K = rapporto tra pressione orizzontale e pressione verticale efficace in prossimità del diaframma;

$\sigma'_v$  = pressione geostatica verticale efficace;

$\phi$  = angolo d'attrito;

Per i diaframmi si adotta in analogia ai pali trivellati [Reese – Wright (1977)]:

$$K = 0.7$$

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille sature e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli sopra descritti.



### **12.4.3 Resistenza di base di calcolo**

Nei terreni coesivi, per la valutazione della pressione limite di base  $q_b$  si segue il seguente criterio:

$$q_b = N_c \times c_u + \sigma_{v0}$$

in cui:

$N_c$  = fattore di capacità portante = 6;

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate in prossimità della base del diaframma;

$\sigma_v$  = tensione geostatica verticale.

Nel calcolo della resistenza di base  $q_b$ , qualora tra le azioni sollecitanti il diaframma non venga conteggiato il peso proprio, la pressione limite di base  $q_b$  vale:

$$q_b = 6 c_u$$

Nei materiali granulari, la pressione limite di base viene calcolata mediante il metodo proposto da Berezantzev per il caso di fondazioni profonde aventi una delle due dimensioni (in pianta) significativamente superiore all'altra; questo caso, nel quale si può ragionevolmente ipotizzare che la rottura avvenga in condizioni di stato piano delle deformazioni, è valido ad esempio per pannelli di diaframmi accostati.

In accordo con il metodo proposto da Berezantzev si può calcolare la pressione limite di base secondo la relazione:

$$q_b = \gamma' B \left( \frac{D}{B} + \frac{\cos \phi}{2\sqrt{2}} \exp \left( \left( \frac{\pi}{4} + \phi \right) \tan \phi \right) \right) \times \left( \frac{\cos \phi (\sin \phi + \cos \phi)}{1 - \sin \phi \cos \phi} \exp \left( \left( \frac{\pi}{2} + 2\phi \right) \tan \phi \right) \right)$$

in cui:

D = profondità da P.C. della base del diaframma;

B = dimensioni del lato "corto" della fondazione.

#### **12.4.4 Resistenza caratteristica**

Il valore caratteristico della resistenza al carico assiale  $R_k$  è dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione  $\xi_3$ ,  $\xi_4$  riportati nella tabella 6.4.IV di NTC 2018 alle resistenze limite  $R_{cal}$  calcolate, secondo la relazione:

$$R_{c,k} = Min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{medio}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

La resistenza di progetto ( $R_d$ ) si otterrà applicando alla resistenza caratteristica il coefficiente parziale  $\gamma_R$ .

La resistenza ultima del diaframma di fondazione può essere espressa come:

$$Q_u = Q_l + Q_b = \sum_i A_{si} f_i + A_b q_b$$

in cui:

$Q_u$  = carico verticale limite di compressione;

$Q_l$  = aliquota della portata limite relativa alla superficie laterale del diaframma;

$Q_b$  = aliquota della portata limite relativa alla base del diaframma;

$A_{si}$  = area della superficie laterale del diaframma relativa al tronco i-esimo in cui si è suddiviso il diaframma ai fini del calcolo;

$f_i$  = aderenza limite media nel tratto i-esimo del diaframma;

$A_b$  = area di base del diaframma;

$q_b$  = pressione limite relativa alla base del diaframma.

Si noti che nel caso di schemi fondazionali in cui il diaframma sia costituito da pannelli affiancati (lati "corti" adiacenti), occorre considerare la fondazione come un corpo unico, considerando come area di base la somma delle aree dei singoli pannelli, e come area laterale l'area laterale del "blocco" costituito dai diversi pannelli.

#### **12.4.5 Resistenza di progetto**

Il valori della resistenza di progetto a compressione  $R_{c,d}$  e della resistenza di progetto a trazione  $R_{t,d}$  sono determinati applicando al valore caratteristico della resistenza i coefficienti parziali  $\gamma_R$  secondo le seguenti espressioni:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_R}$$

$$R_{t,d} = \frac{R_{t,k}}{\gamma_R}$$

essendo:

$R_{c,d}$  e  $R_{t,d}$       resistenza di progetto del diaframma rispettivamente a compressione e a trazione;  
 $R_{c,k}$  e  $R_{t,k}$       resistenza caratteristica del diaframma rispettivamente a compressione e a trazione;  
 $\gamma_R$                       coefficienti parziali da applicarsi alle resistenze caratteristiche in funzione dell'approccio considerato e della tipologia esecutiva del diaframma (vedi la tabella di seguito in cui sono riportati i fattori parziali relativi a pali trivellati).

	<b>Pali trivellati</b>
<b>Resistenza \ <math>\gamma_R</math></b>	<b>R3</b> [-]
Base	1.35
Laterale - compressione	1.15
Laterale - trazione	1.25

**Tabella 12.1: Coefficienti parziali alle resistenze caratteristiche**

## **12.5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

La caratterizzazione geotecnica è stata ottenuta dalla relativa Relazione geologica. Si riportano di seguito le caratteristiche geotecniche dei terreni interagenti con l' opera.

Argine: Limo argilloso con sabbia compatto

$$\gamma = 18.5 - 20.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 31^\circ$$

$$c' = 47 \text{ kPa}$$

Argilla limosa in situ

$$\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 23 - 28^\circ$$

$$c' = 9 - 53.2 \text{ kPa}$$

I valori sopra riportati si riferiscono ai risultati delle prove di laboratorio, in particolare alle prove di taglio CD. Si riporta nella tabella di sotto il riassunto di tali prove.

	CAMP.	QUOTA	c' (kPa)	$\Phi'$ (°)
<b>S1</b>	<b>C1</b>	4.40	14.4	27.0
	<b>C2bis</b>	7.30	25.5	27.9
	<b>C3bis</b>	13.40	9.1	22.9
	<b>C4bis</b>	19.00	53.2	24.0
	<b>C5bis</b>	24.90	9.2	23.8
<b>S3</b>	<b>C9</b>	3.55	47.1	31.4

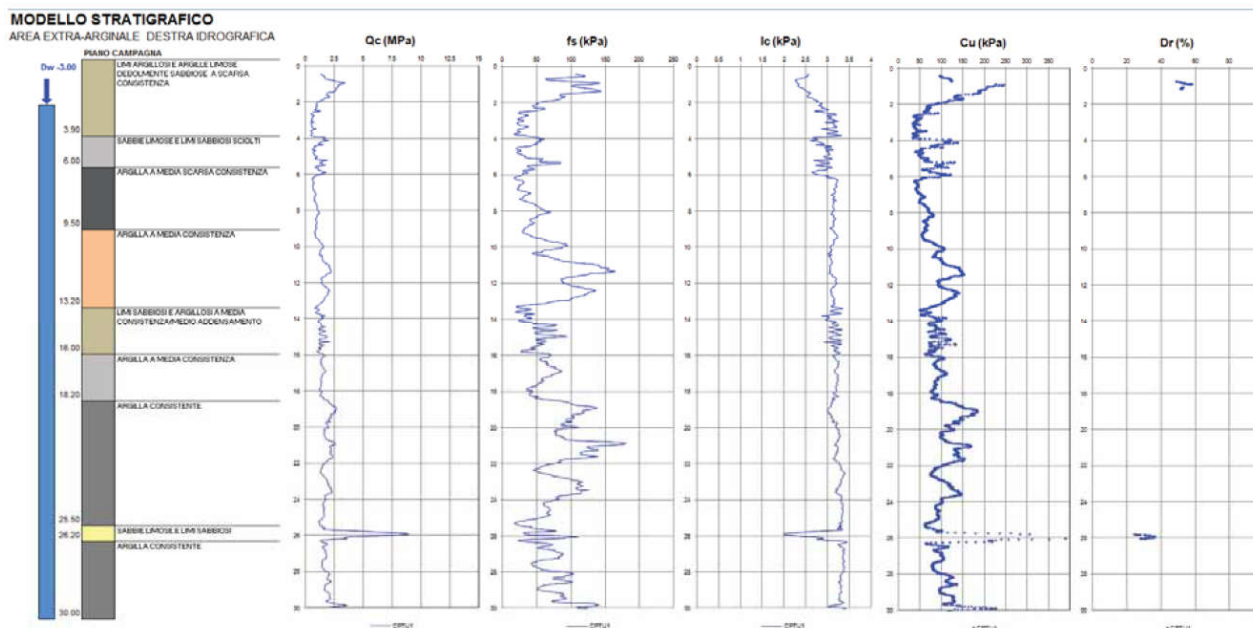
**Tab. n. 5.3 – Risultati delle prove di taglio eseguite**

Per quanto riguarda i valori di resistenza nel breve periodo dell' argilla in situ, si è fatto riferimento alle prove CPTu che mostrano i seguenti parametri di resistenza non drenata :

$$C_u = 50 \text{ kPa per } z \leq 9 \text{ m,}$$

$$C_u = 100 \text{ kPa per } z > 9 \text{ m.}$$

Si riporta di seguito l' estratto della prova CPTu più gravosa da cui è stato ottenuto tale profilo di resistenza:



Si riporta di seguito la stratigrafia di progetto per la paratia assunta nei calcoli. Il calcolo è stato effettuato facendo riferimento ai parametri medi di resistenza di ciascun litotipo. La quota 0.0 coincide con la testa del diaframma.

Da +2.70 m a -13.0 m: Argine - Limo argilloso con sabbia compatto

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 31^\circ$$

$$c' = 47 \text{ kPa}$$

$$E'_{vc} = 40 \text{ MPa}$$

$$E'_{UR} = 60 \text{ MPa}$$

Da -13.0 m a piede diaframma: Argilla limosa in situ

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 25^\circ$$

$$c' = 22 \text{ kPa}$$

$$E'_{vc} = 10 \text{ MPa}$$

$$E'_{UR} = 15 \text{ MPa}$$

In via conservativa nei modelli di calcolo è stato trascurato il contributo dovuto alla coesione efficace per tutti i terreni interagenti con l'opera.

## 12.6 METODI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA

L'opera in oggetto si comporta come opera di sostegno flessibile e viene dimensionata e verificata facendo riferimento a quanto contenuto in Normativa per le paratie. Si riportano di seguito il metodo di calcolo della

paratia in oggetto e le azioni elementari agenti sull' opera. Il calcolo è stato effettuato facendo riferimento alla sezione longitudinale in asse al ponte in quanto la direzione più gravosa e quindi dimensionante.

### **12.6.1 Codice di calcolo**

Il calcolo tenso-deformativo della paratia viene svolto ricorrendo ad un modello in grado di simulare in maniera verosimile (anche se semplificata) l'interazione tra terreno e struttura di sostegno; in particolare si impiegherà il codice di calcolo denominato PARATIE basato sulle seguenti ipotesi di carattere generale:

1. Stato piano nelle deformazioni (paratia di lunghezza infinita).
2. Terreno modellato come un letto di molle con legame costitutivo elastico-perfettamente plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
3. Struttura discretizzata in elementi perfettamente elastici.
4. Solutore agli elementi finiti (FEM).
5. Falda introdotta definendo le quote piezometriche di valle e di monte (che possono essere modificate nel corso dell'analisi).
6. Tiranti modellati per mezzo di molle di opportuna rigidezza.
7. Sovraccarichi a monte ed a valle della paratia trasformati in spinte sul paramento in accordo a quanto previsto dalla teoria elastica.

### **12.6.2 Spinta della terra – Effetto dell'attrito terreno/struttura**

Nella valutazione dei coefficienti di spinta (attiva e passiva) è necessario tenere in conto che l'angolo di attrito tra manufatto e terreno ( $\delta$ ) risulta inferiore all'angolo di attrito interno del terreno. Nel caso in studio si assume quanto segue:

$\delta/\phi = 0.67$       Spinta attiva - Analisi statiche e sismiche

$\delta/\phi = 0.50$       Spinta passiva - Analisi statiche

$\delta/\phi = 0$          Spinta passiva - Analisi sismiche

### **12.6.3 Spinta della terra - Coefficienti di spinta in condizioni statiche**

#### Spinta a riposo

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_o = 1 - \tan(\phi') \text{ OCR}^\alpha$$

con :

$$\alpha = 0.5$$

OCR = grado di sovraconsolidazione

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_o$  valga:

$$k_{o\beta} = k_o (1 + \tan\beta)$$

#### Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \frac{\sqrt{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}}{\sqrt{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

$\varphi$  = angolo d'attrito del terreno

$\alpha$  = angolo che la parete forma con l'orizzontale ( $\alpha = 90^\circ$  per parete verticale)

$\delta$  = angolo d'attrito terreno-parete

$\beta$  = inclinazione del terreno a monte rispetto all'orizzontale

#### Spinta passiva

Per il calcolo del coefficiente di spinta passiva si fa riferimento a superfici di rottura di tipo complesso (spirale logaritmica) come suggerito da Caquot & Kerisel (1948).

### **12.6.4 Coefficienti di spinta in condizioni sismiche**

#### Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva (contributo statico + sismico) viene calcolato ricorrendo alla formulazione di Mononobe & Okabe:

$$K_{as} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \vartheta)}{\cos \vartheta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \vartheta - \delta) \left[ 1 - \frac{\sqrt{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta - \vartheta)}}{\sqrt{\sin(\alpha - \vartheta - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

$$\vartheta = \arctan k_h / (1 \pm k_v)$$

Definito il coefficiente di spinta attiva ( $K_{as}$ ) come sopra indicato (contributo statico + contributo del sisma) è possibile risalire all'incremento di spinta dovuto al solo sisma operando come segue:

- Si calcola la spinta attiva in condizioni statiche:  $S_a = [(1/2 \cdot \sigma'_v \cdot H^*) + q \cdot H^*] \cdot K_a$
- Si calcola la spinta attiva in presenza di sisma:  $S_{as} = [(1/2 \cdot \sigma'_v \cdot H^*) + q \cdot H^*] \cdot (1 + k_v) \cdot K_{as}$
- Si calcola l'incremento dovuto al solo sisma:  $\Delta S_{as} = S_{as} - S_a$

La forza così calcolata viene applicata all'opera di sostegno in termini di pressione omogenea su tutta l'altezza di calcolo  $H^*$ :

$$\Delta P_s = \Delta S_{as} / H^*$$

Come altezza di calcolo si considera l'altezza geometrica spingente maggiorata di 2 m.

### Spinta passiva

Il coefficiente di spinta passiva in condizioni sismiche è valutato secondo la teoria di Mononobe – Okabe.



### **12.6.5 Azioni permanenti**

Oltre alla spinta delle terre, nel calcolo è stato considerato il contributo dovuto al peso proprio degli elementi in c.c.a che costituiscono la spalla. Sulla spalla agiscono inoltre le azioni permanenti trasmesse da ciascuna delle due travi costituenti l' impalcato.

### **12.6.6 Azioni dovute alla falda**

Nel calcolo è stato considerato il contributo dovuto all' alleggerimento dei terreni per la presenza della falda. In tutte le condizioni statiche è stato considerato il massimo livello idraulico sia a monte che a valle della paratia, ovvero quota di -1.20 m rispetto a testa diaframma. Tale condizione risulta quella più gravosa per il dimensionamento della paratia.

In condizioni sismiche la falda è stata considerata a quota -10.0 m rispetto a testa diaframma.

### **12.6.7 Azioni variabili**

Nel calcolo è stato applicato il sovraccarico variabile stradale indefinito a tergo opera di intensità pari a 20 kPa. In via conservativa in condizioni sismiche tale sovraccarico è stato applicato con intensità pari a 10 kPa. Sono state inoltre considerate le azioni variabili trasmesse da ciascuna delle due travi costituenti l' impalcato. Ciascuna delle due travi trasmette le seguenti massime azioni SLU in corrispondenza degli appoggi:

$$N_{SLU} = 6550 \text{ kN}$$

$$T_{SLU\_long} = 360 \text{ kN}$$

La paratia presenta sviluppo pari a 10.0 m, di conseguenza le azioni trasmesse per metro di sviluppo di paratia valgono:

$$N_{SLU/m} = 2 \times 6550 \text{ kN} / 10 \text{ m} = 1310 \text{ kN/m}$$

$$T_{SLU\_long/m} = 2 \times 360 \text{ kN} / 10 \text{ m} = 72 \text{ kN/m}$$

Nel calcolo della paratia le azioni trasmesse dall' impalcato sono state considerate interamente di tipo variabile in quanto a favore di sicurezza.

### **12.6.8 Azioni sismiche**

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_e$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono:

$$V_N = 50 \text{ anni};$$

$$C_U = 1.5;$$

$$T_R = 712 \text{ anni};$$

$$a_g = 0.187 \text{ g};$$

$$F_0 = 2.563;$$

$$T_c^* = 0.277 \text{ s}$$

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria " C ".

Data la categoria di suolo, si ottengono i seguenti parametri:

$$S_s(\text{SLV}) = 1.42$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima vale quindi:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = 1.42 \cdot 0.187 \text{ g} = 0.266 \text{ g}$$

Il calcolo dell'azione sismica è stato effettuato facendo riferimento al metodo pseudo-statico. Secondo quanto espresso al paragrafo 7.11.6.3.1 di NTC 2018 si ha:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max}$$

Per la paratia in parola si assume:

$$\alpha = 1 \text{ (Conservativo per terreno tipo C e H paratia} = 38.70 \text{ m)}$$

$$\beta = 0.75 \text{ (Conservativo in quanto riferito a } u_s = 2 \text{ cm)}$$

Da cui:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max} / g = 1 \times 0.75 \times 0.266 = 0.2$$

Sono state inoltre considerate le azioni sismiche trasmesse da ciascuna delle due travi costituenti l'impalcato. Ciascuna delle due travi trasmette le seguenti massime azioni in sisma SLV in corrispondenza degli appoggi:

$$N_{\text{SLV}} = 3200 \text{ kN}$$

$$T_{\text{SLV\_long}} = 560 \text{ kN}$$

La paratia presenta sviluppo pari a 10.0 m, di conseguenza le azioni trasmesse per metro di sviluppo di paratia valgono:

$$N_{\text{SLV/m}} = 2 \times 3200 \text{ kN} / 10 \text{ m} = 640 \text{ kN/m}$$

$$T_{\text{SLV\_long/m}} = 2 \times 560 \text{ kN} / 10 \text{ m} = 112 \text{ kN/m}$$

In condizioni sismiche è stato inoltre applicato in via conservativa il contributo dovuto all'inerzia del setto.

Tale azione vale:

$$p = 1.0 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 0.2 = 5 \text{ kPa}$$

## **12.7 ASSUNZIONI DI CALCOLO**

### **12.7.1 Caratteristiche geometriche della paratia**

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche ed inerziali della paratia.

La paratia è stata caratterizzata dall' inerzia del diaframma, ovvero da sezione quadrata di c.a. di  $b \times h = 100 \times 100$  cm.

Nel modello di calcolo la quota 0.0 coincide con testa diaframma.

Per la sezione di calcolo si assume la seguente geometria ed inerzia ( $z = m$  da testa diaframma):

$z = + 2.7 \div - 36.0$  m:

Sezione quadrata  $100 \times 100$  cm

L'altezza geometrica spingente a tergo opera risulta pari a 3.50 m, ovvero da quota +2.70 m a quota -0.80 m.

### **12.7.2 Caratteristiche dei terreni interagenti con l' opera**

Il calcolo è stato effettuato facendo riferimento alla stratigrafia di progetto riportata al paragrafo "Caratterizzazione geotecnica".

In via conservativa nei modelli di calcolo è stato trascurato il contributo dovuto alla coesione efficace per tutti i terreni interagenti con l' opera.

E' stata inoltre considerata a favore di sicurezza la pendenza del terreno di valle costituente l' argine con l' inclinazione limite pari a quella dell' attrito interno del terreno costituente l' argine stesso ovvero pari a  $31^\circ$ .

### **12.7.3 Quota di falda**

Nel calcolo è stato considerato il contributo dovuto all' alleggerimento dei terreni per la presenza della falda.

In tutte le condizioni statiche è stato considerato il massimo livello idraulico sia a monte che a valle della paratia, ovvero quota di -1.20 m rispetto a testa diaframma. Tale condizione risulta quella più gravosa per il dimensionamento della paratia.

In condizioni sismiche la falda è stata considerata a quota -10.0 m rispetto a testa diaframma.

### 12.7.4 Parametri di spinta delle terre

Nella tabella di seguito sono riassunti i valori dei parametri di spinta delle terre impiegati nel calcolo.

#### Parametri di spinta delle terre caratteristici – M1

FORMAZIONE	ANALISI	$K_0$	$K_a$	$K_p$	$K_{a\_sisma}$	$K_{p\_sisma}$
<b>Argine</b> <b>(<math>\Phi' = 31^\circ</math>)</b>	<b>STATICA</b>	0.485	0.268	1.0 ( $\beta = -31^\circ$ )	--	--
	<b>SISMICA</b>	--	--	--	0.432	1.0 ( $\beta = -31^\circ$ )
<b>Argilla</b> <b>(<math>\Phi' = 25^\circ</math>)</b>	<b>STATICA</b>	0.577	0.346	3.55	--	--
	<b>SISMICA</b>	--	--	--	--	2.75

In condizioni sismiche è stata applicata la sovraspinta sismica del terreno  $\Delta p$  pari a 9.1 kPa e la pressione dovuta all'inerzia della paratia pari a 5 kPa su un'altezza spingente pari a  $3.5 + 2 = 5.5$  m da testa paratia, con un valore totale pari a  $\Delta p = 14.1$  kPa.

#### Parametri di spinta delle terre fattorizzati – M2

FORMAZIONE	ANALISI	$K_0$	$K_a$	$K_p$	$K_{a\_sisma}$	$K_{p\_sisma}$
<b>Argine</b> <b>(<math>\Phi' = 25.7^\circ</math>)</b>	<b>STATICA</b>	0.566	0.336	1.0 ( $\beta = -31^\circ$ )	--	--
	<b>SISMICA</b>	--	--	--	0.528	1.0 ( $\beta = -31^\circ$ )
<b>Argilla</b> <b>(<math>\Phi' = 20.7^\circ</math>)</b>	<b>STATICA</b>	0.650	0.417	2.58	--	--
	<b>SISMICA</b>	--	--	--	--	1.73

In condizioni sismiche è stata applicata la sovraspinta sismica del terreno  $\Delta p$  pari a 10.6 kPa e la pressione dovuta all'inerzia della paratia pari a 5 kPa su un'altezza spingente pari a  $3.5 + 2 = 5.5$  m da testa paratia, con un valore totale pari a  $\Delta p = 15.6$  kPa.

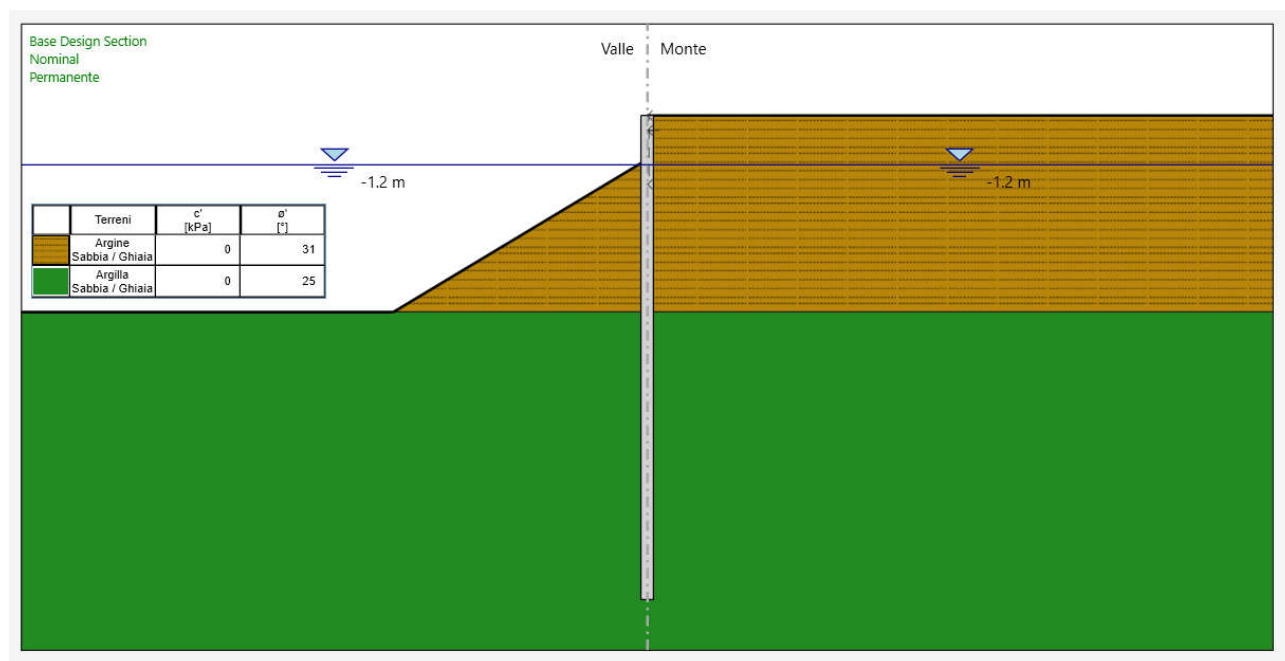
## 12.8 FASI DEL CALCOLO

La modellazione segue le reali fasi di realizzazione dell'opera.

Sono state modellate le seguenti fasi di calcolo:

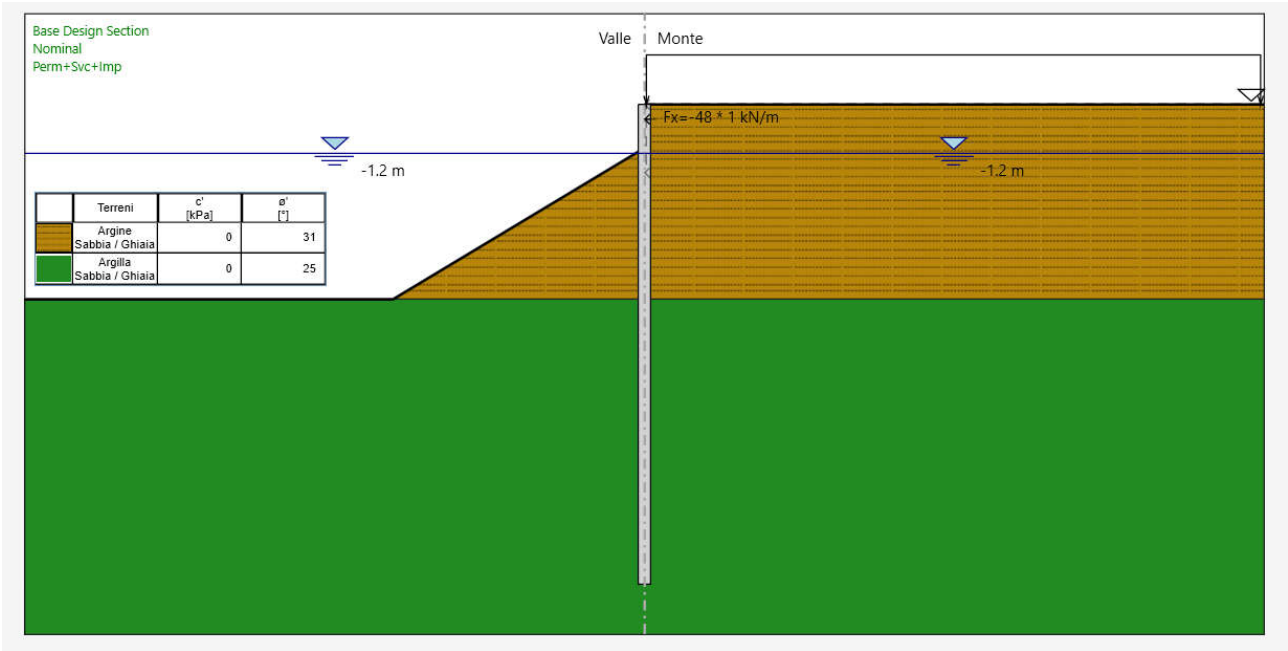
1. Inizializzazione dello stato di sforzo geostatico. Terreno a monte e a valle opera a quota 0.0 m da testa paratia.
2. Realizzazione della paratia.
3. Realizzazione del riporto in testa paratia fino alla quota di +2.70 m e scavo a valle fino alla quota -0.80 m.
4. Applicazione del sovraccarico stradale pari a 20 kPa.
5. Applicazione del sovraccarico stradale pari a 20 kPa e delle azioni statiche trasmesse dall' impalcato.
6. Analisi in condizioni sismiche con applicazione dell' incremento di spinta del terreno a tergo, del sovraccarico stradale pari 10 kPa e delle azioni sismiche trasmesse dall' impalcato.

Si riporta di seguito il layout delle fasi significative 3, 5 e 6 secondo i parametri geotecnici caratteristici (M1) e con applicazione delle azioni caratteristiche.

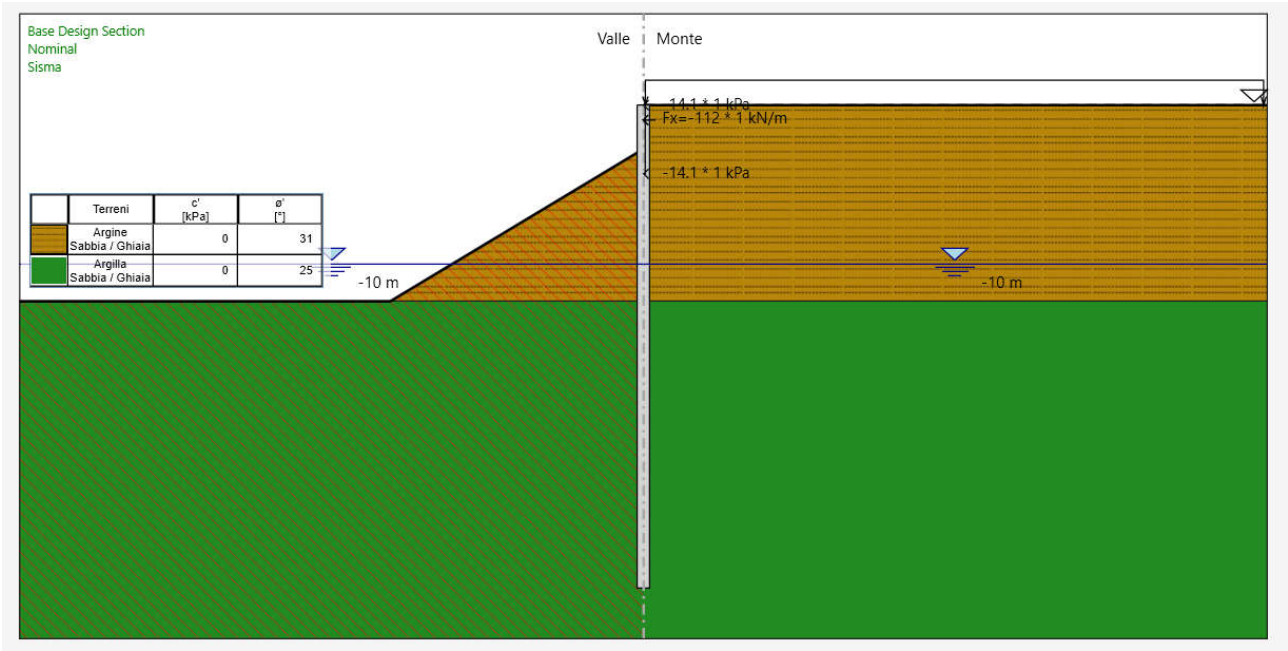


Fase 3

Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello



Fase 5



Fase 6

## **12.9 ANALISI DELLA STRUTTURA - RISULTATI**

Nella tabella di seguito sono riassunti i principali risultati del calcolo.

I valori indicati sono da intendersi come caratteristici, ovvero risultano dall' applicazione delle azioni caratteristiche e dai valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno (parametri M1).

I valori sono inoltre riportati rispetto al metro di sviluppo di struttura.

### **Risultati dell'analisi tenso-deformativa (azioni "caratteristiche") – Diaframma**

	<b>Fase 3 (Permanenti)</b>	<b>Fase 5 (Permanenti + Variabili)</b>	<b>Fase 6 (Sisma)</b>
<b><math>s_{max}</math> (cm)</b>	0.7	5.5	27.9
<b><math>M_{max}</math> (kNm/m)</b>	272	1052	3063
<b><math>V_{max}</math> (kN/m)</b>	79	170	318

#### Legenda

$s_{max}$  = spostamento laterale massimo

$M_{max}$  = momento flettente massimo

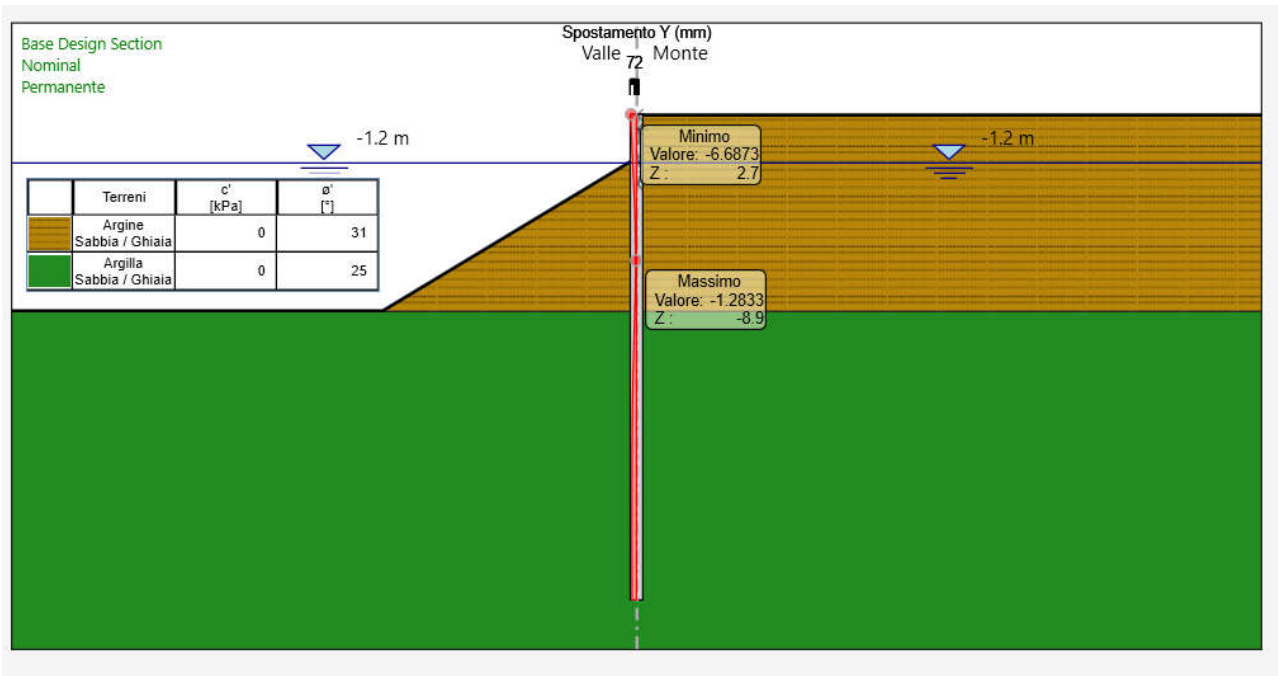
$V_{max}$  = azione di taglio massima

# Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello

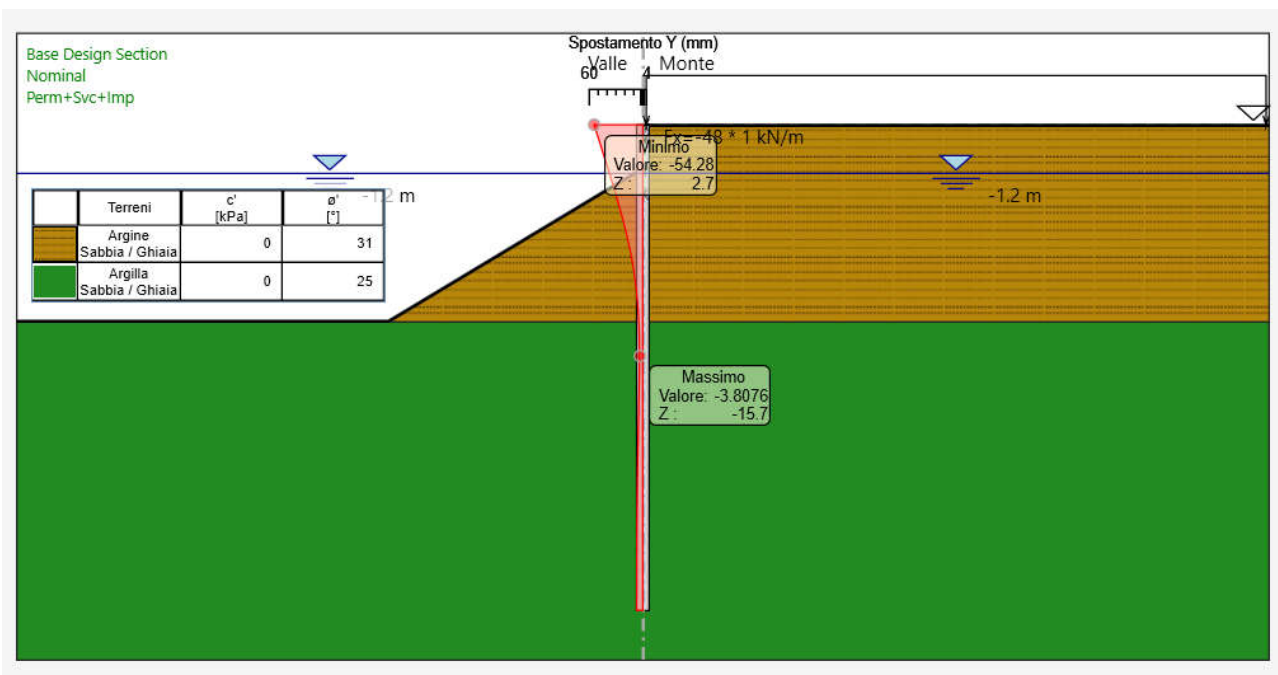
Documento

Relazione di calcolo strutturale

Nelle figure seguenti sono illustrati rispettivamente l'andamento degli spostamenti orizzontali, il diagramma del momento flettente e del taglio (valori “caratteristici” per metro lineare di paratia).



Spostamento – Fase 3



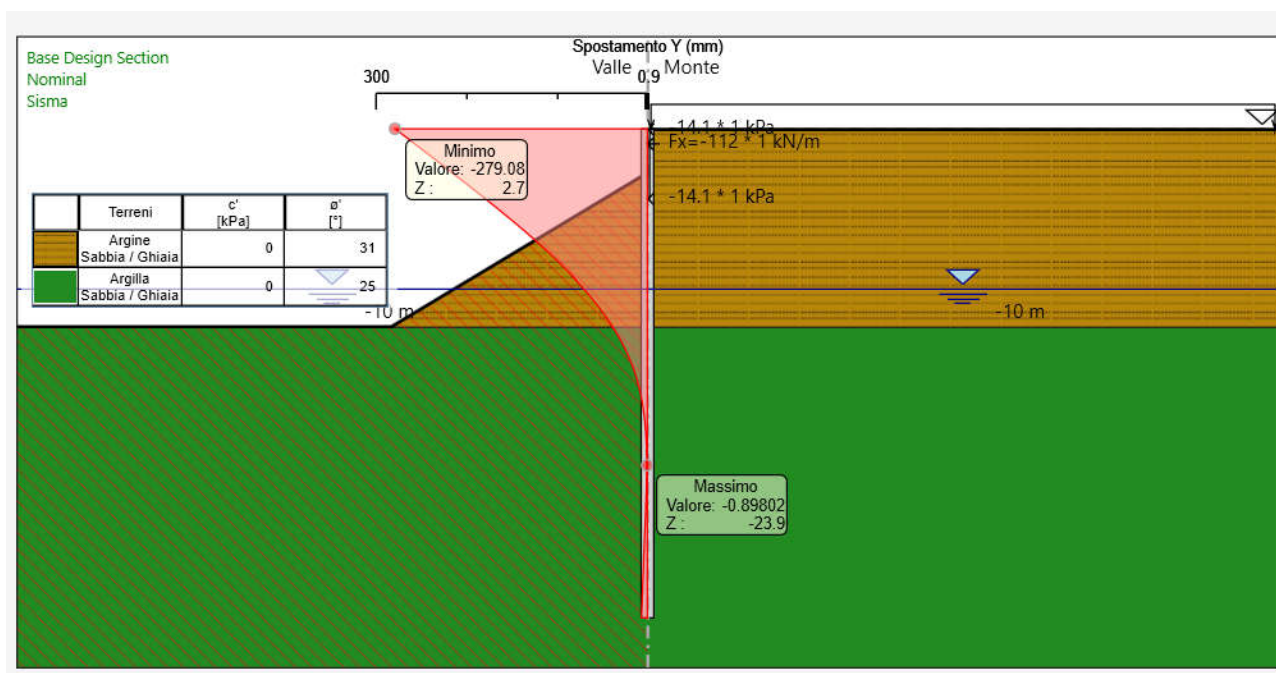
Spostamento – Fase 5



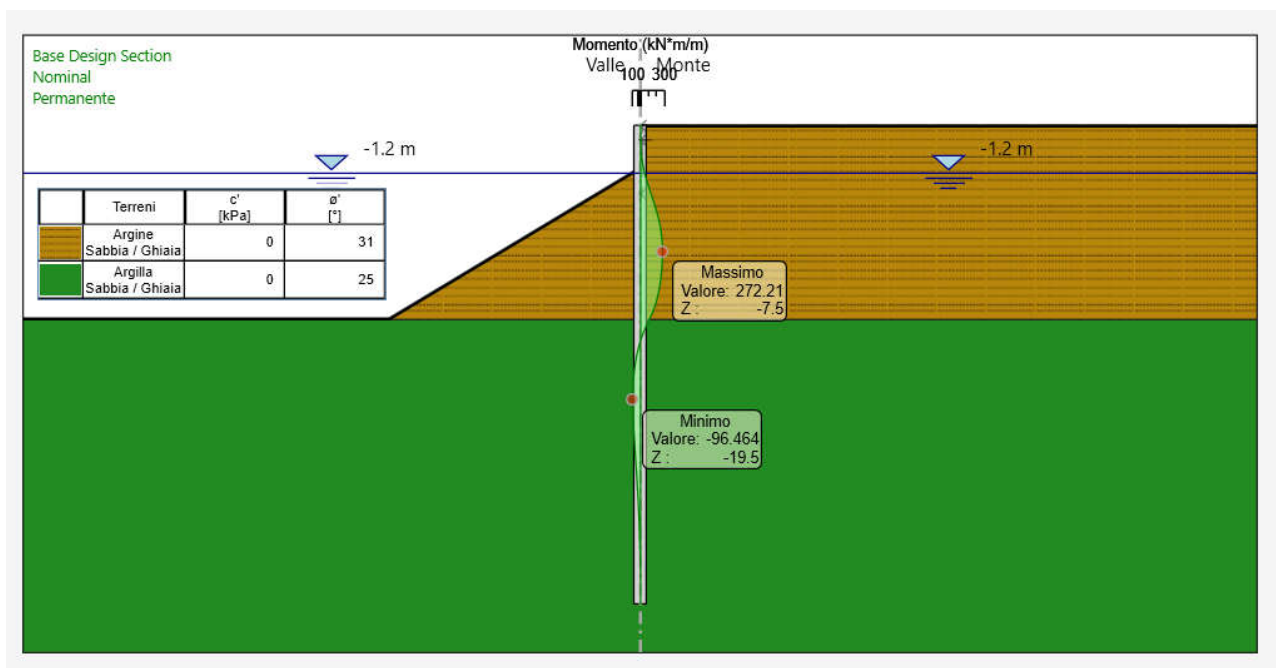
**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento

Relazione di calcolo strutturale



Spostamento – Fase 6

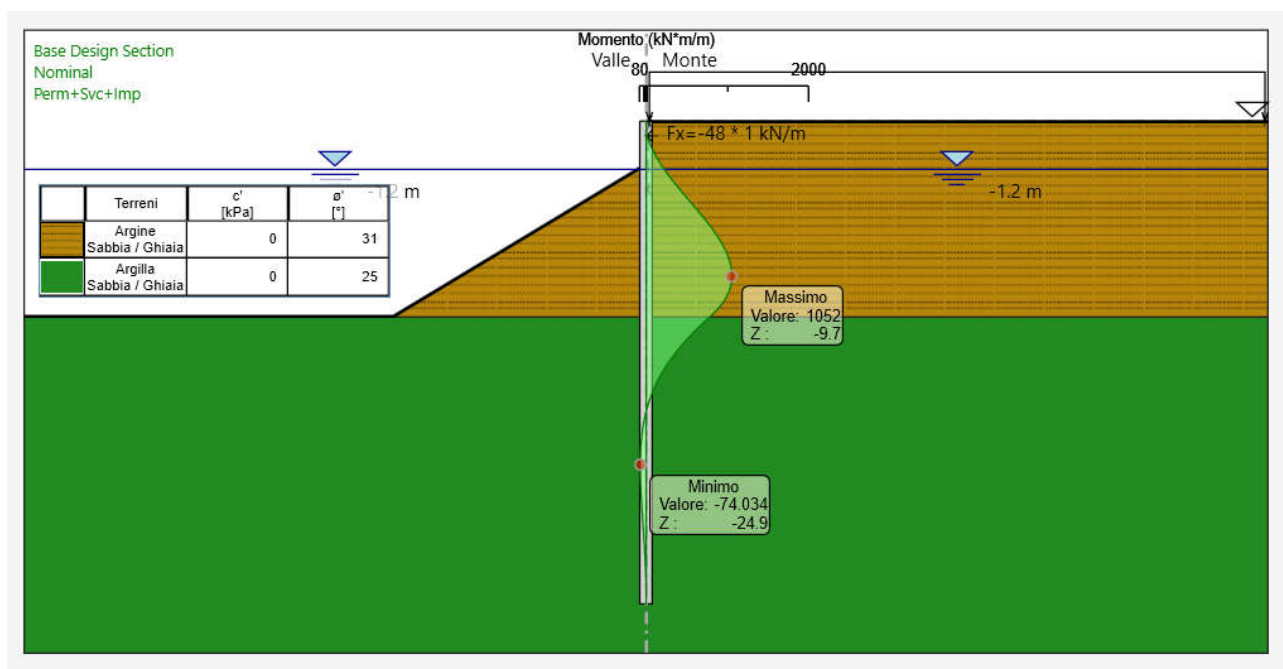


Momento flettente – Fase 3

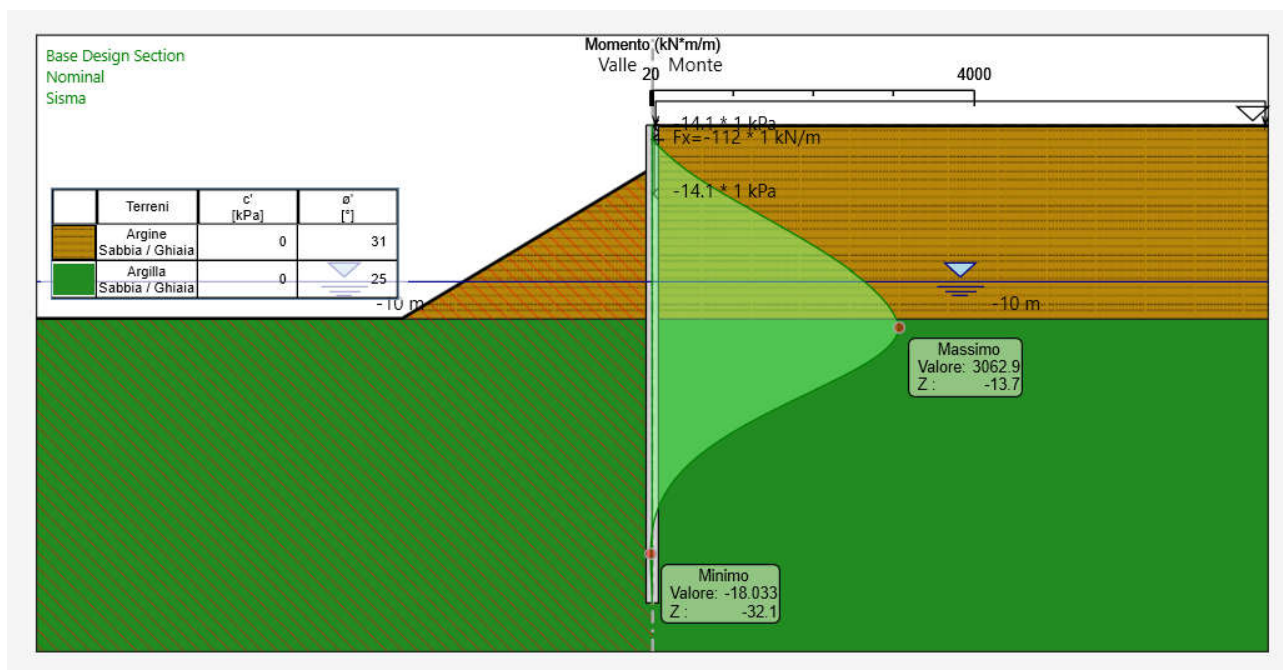
**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento

Relazione di calcolo strutturale



Momento flettente – Fase 5

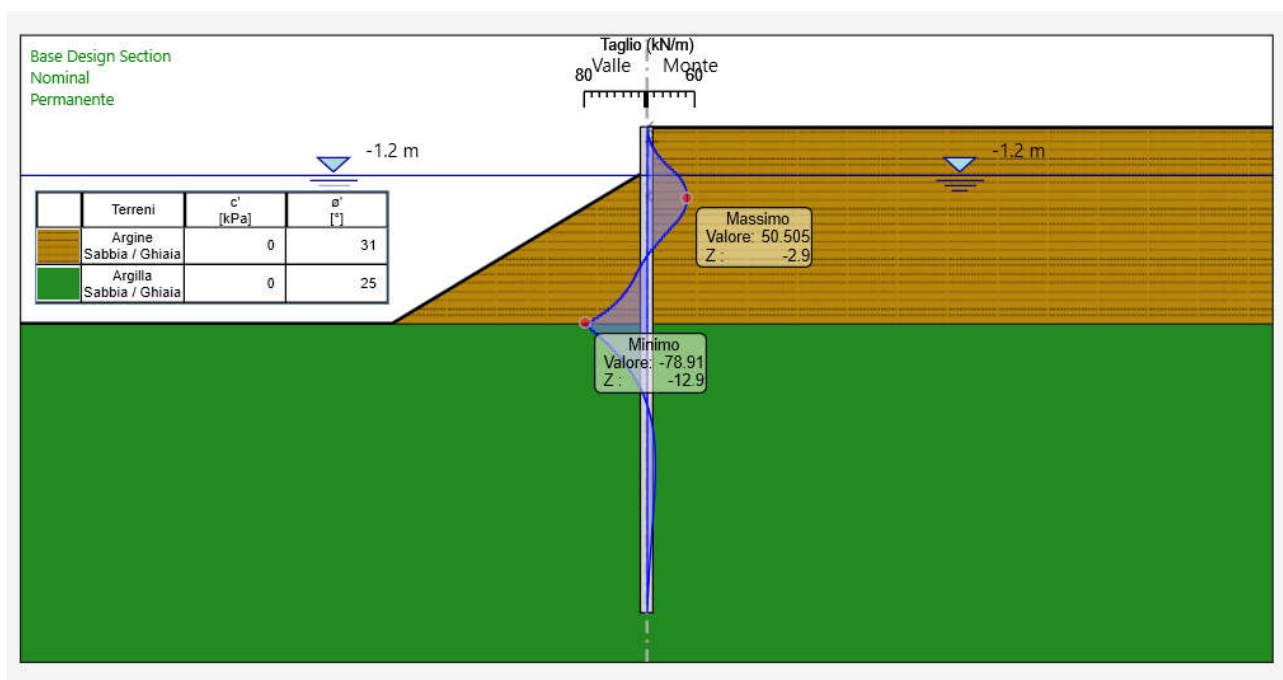


Momento flettente – Fase 6

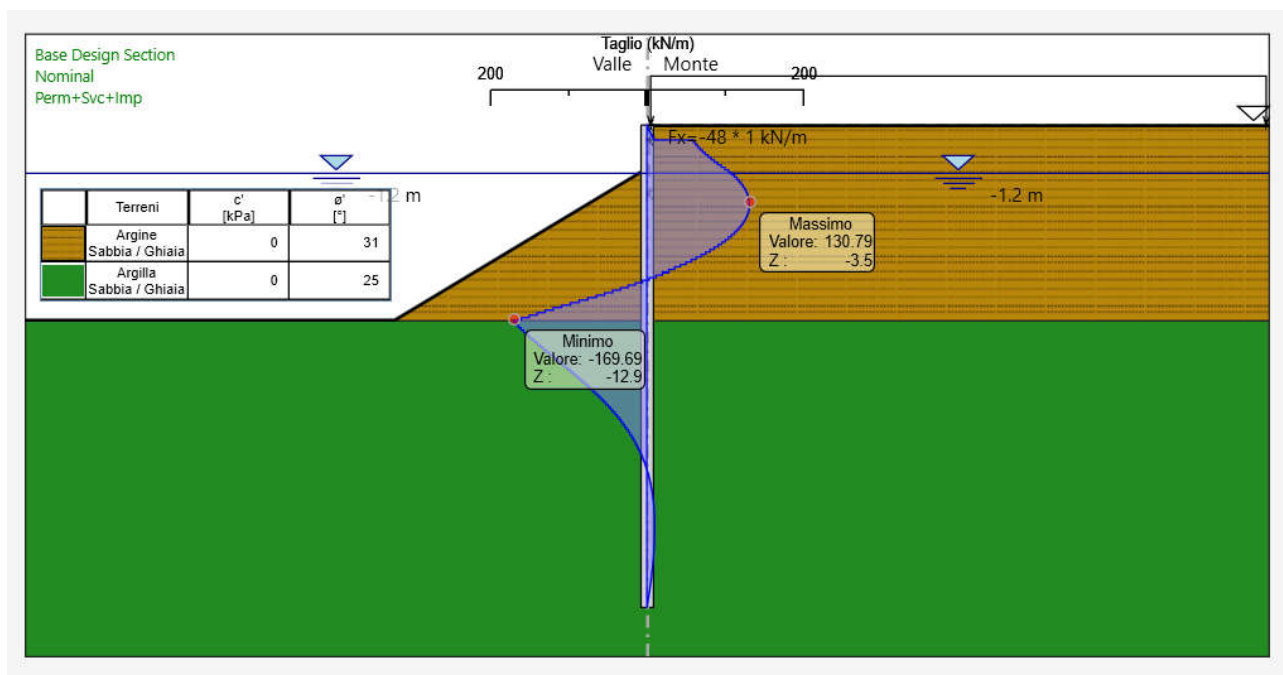
**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento

Relazione di calcolo strutturale



Taglio – Fase 3

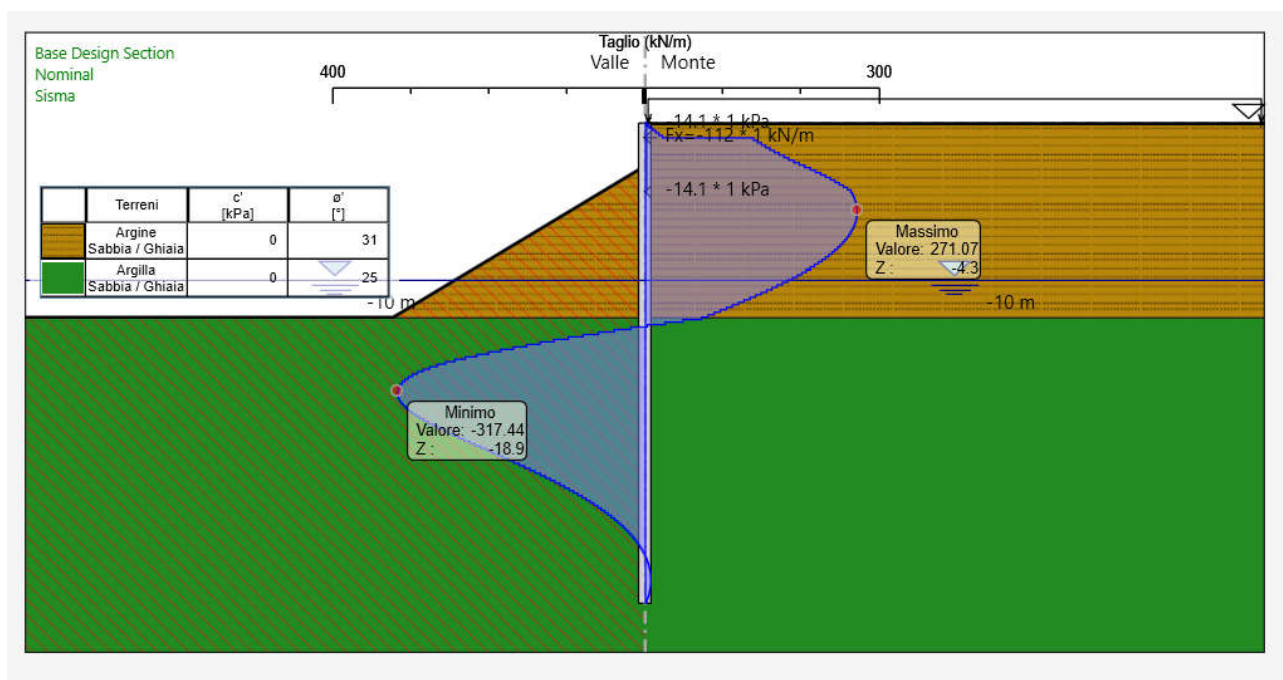


Taglio – Fase 5

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**



Taglio – Fase 6

## 12.10 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 12.10.1 Diaframma

Si effettuano le verifiche di resistenza della sezione  $b \times h = 100 \times 100$  cm così armata:

- ferro teso: doppio strato  $\varnothing 26$  passo 10 cm;
- ferro compresso: singolo strato  $\varnothing 20$  passo 10 cm.

#### Verifiche a pressoflessione SLU:

Le sollecitazioni SLU di progetto valgono:

Combinazione SLU - A1 + M1:  $M_{SLU} = 272 \times 1.3 + (1052 - 272) \times 1.5 = 1524$  kNm/m

Combinazione Eccezionale Sisma:  $M_{Sisma} = 3063$  kNm/m

La sollecitazione SLU di progetto più gravosa risulta quindi:

$M_{Sisma} = 3063$  kNm/m

Si considera in via conservativa il solo peso proprio del diaframma.

$N = P_{diaframma} = 13.7 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 342.5 \text{ kN/m}$



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

Documento

Relazione di calcolo strutturale

**Titolo :**

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	10
2	53.09	15.2
3	31.42	90

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

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

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

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ <input type="text" value="67.5"/> ‰	$\epsilon_{c2}$ <input type="text" value="2"/> ‰
$f_{yd}$ <input type="text" value="391.3"/> N/mm²	$\epsilon_{cu}$ <input type="text" value="3.5"/> ‰
$E_s$ <input type="text" value="200 000"/> N/mm²	$f_{cd}$ <input type="text" value="14.17"/> ‰
$E_s/E_c$ <input type="text" value="15"/>	$f_{cc}/f_{cd}$ <input type="text" value="0.8"/> ?
$\epsilon_{syd}$ <input type="text" value="1.957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9.75"/>
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²	$\tau_{co}$ <input type="text" value="0.6"/>
	$\tau_{c1}$ <input type="text" value="1.829"/>

**M** xRd  kN m

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

**Tipo flessione**  
☒ Retta   ☐ Deviata

**N° rett.**

**Calcola MRd**   **Dominio M-N**

**L<sub>o</sub>**  cm   **Col. modello**

☐ Precompresso

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x    x/d   
      $\delta$

Risultando  $M_{RES} = 3292 \text{ kNm/m} > M_{Sisma} = 3063 \text{ kNm/m}$  la verifica risulta soddisfatta.

Verifiche a taglio SLU:

Le sollecitazioni SLU di progetto valgono:

Combinazione SLU - A1 + M1:  $T_{SLU} = 79 \times 1.3 + (170 - 79) \times 1.5 = 240 \text{ kN/m}$

Combinazione Eccezionale Sisma:  $T_{Sisma} = 318 \text{ kN/m}$

La sollecitazione SLU di progetto più gravosa risulta quindi:

$T_{Sisma} = 318 \text{ kN/m}$

Il taglio resistente senza considerare il contributo delle staffe risulta:

$V_{sdu}$	318	kN
$M_{sdu}$	3063	kNm
$N_{sdu}$	342.5	kN
$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$b_w$	100	cm
$d$	90.00	cm
$A_{sl}$	106.18	cm <sup>2</sup>
$c$	10.00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	0.00	gradi
$\text{ctg}\theta$	-	
$\theta_{\text{imposto}}$	-	gradi
$A_{sw}$	0	cm <sup>2</sup>
passo staffe	40	cm
$f_{cd}$	14.167	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd0,05}$	1.119	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0.3462	N/mm <sup>2</sup>
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	537.720	kN

Risulta  $V_{Rd} = 537.7 \text{ kN/m} > T_{Sisma} = 318 \text{ kN/m}$  di conseguenza la verifica risulta soddisfatta.

### Verifica SLE Rara

Le sollecitazioni di progetto valgono:

$$M_{SLE\_Rara} = 1052 \text{ kNm/m}$$

$$N = P_{diaframma} = 13.7 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 342.5 \text{ kN/m}$$

**Titolo :** \_\_\_\_\_

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

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	10
2	53.09	15.31
3	31.42	90

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

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

N<sub>Ed</sub>  342.5 kN  
 M<sub>xEd</sub>  -1052 kNm  
 M<sub>yEd</sub>  0

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

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

**Materiali**  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
 τ<sub>c1</sub>  ‰

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
 σ<sub>s</sub>  N/mm²  
 ε<sub>s</sub>  ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 δ

**Verifica**  
 N° iterazioni:

☐ Precompresso

La verifica risulta soddisfatta.

Poiché i valori di  $\sigma_c$  e  $\sigma_s$  con la combinazione più gravosa (rara) rispettano anche i limiti tensionali prescritti per la combinazione meno gravosa (quasi – permanente) e quindi più restrittivi, le verifiche per entrambe le condizioni sono soddisfatte.

Il tasso di lavoro delle barre tese nella combinazione rara rispetta anche i limiti tensionali per il controllo della fessurazione contenuti nella tabella C4.1.II delle istruzioni di NTC 2018.

Di conseguenza la verifica a fessurazione risulta soddisfatta sia per la combinazione frequente che quasi permanente.

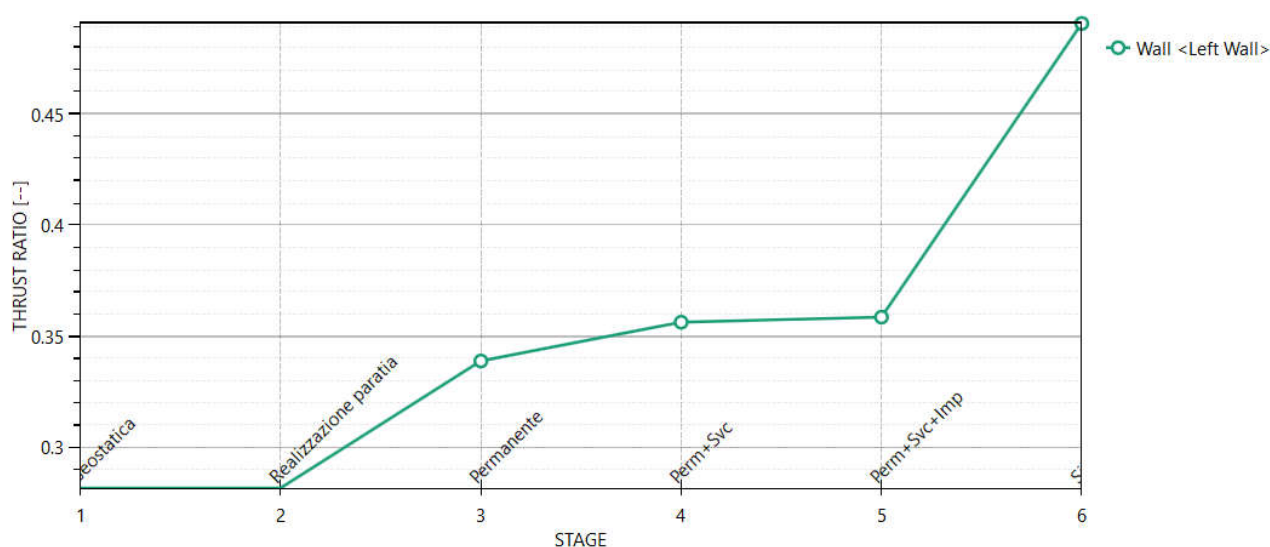


## **12.11 VERIFICHE GEOTECNICHE**

### **12.11.1 Verifiche del complesso paratia terreno**

Per dare una quantificazione numerica del livello di sicurezza della paratia nei confronti di fenomeni di instabilità geotecnica del complesso struttura-terreno, si controlla direttamente la percentuale di spinta passiva del terreno mobilitata nella parte di paratia infissa nella combinazione A2+M2+R1.

Si riporta di seguito tale valore nelle fasi di calcolo:



### **Massimi rapporti di mobilitazione spinta passiva**

**Result Title :Wall <Left Wall>**

STAGE THRUST_RATIO [--]	
1	0.281
2	0.281
3	0.339
4	0.356
5	0.359
6	0.491

I risultati dell'analisi tenso-deformativa sono i seguenti:

Tipo di verifica			Fase 6 (Sisma)
Stato ultimo	limite	$\Delta K$ (%)	49.1

Legenda

$\Delta K_p$  = percentuale di spinta passiva mobilitata rispetto alla spinta passiva mobilitabile

Ricordando che  $\gamma_R = 1$ , si ottiene per le sezioni di calcolo quanto segue:

$$R_{p,mob} = 0.491 R_{p,lim} < \gamma_R \times R_{p,lim} = R_{p,lim}$$

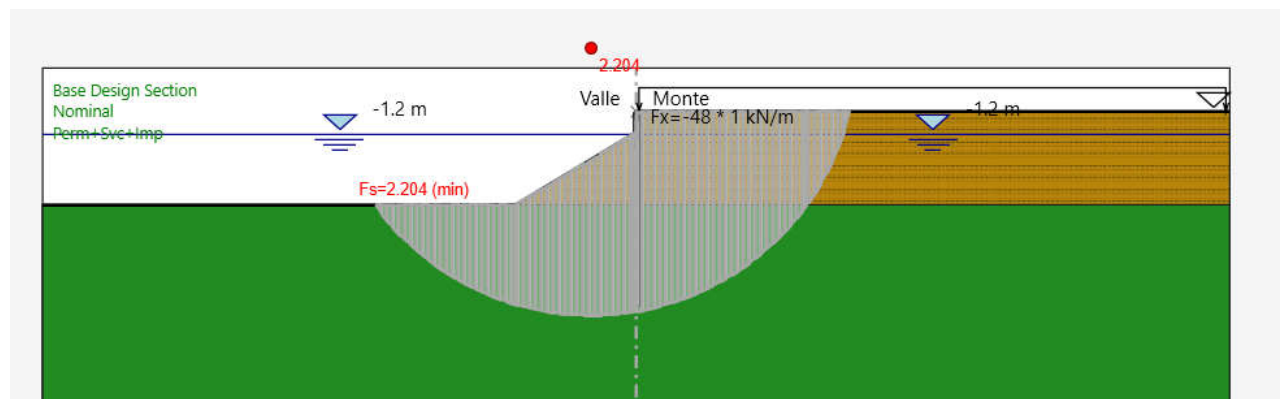
La verifica del complesso paratia-terreno risulta quindi soddisfatta.

### 12.11.2 Verifiche di stabilità globale

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno viene effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1.

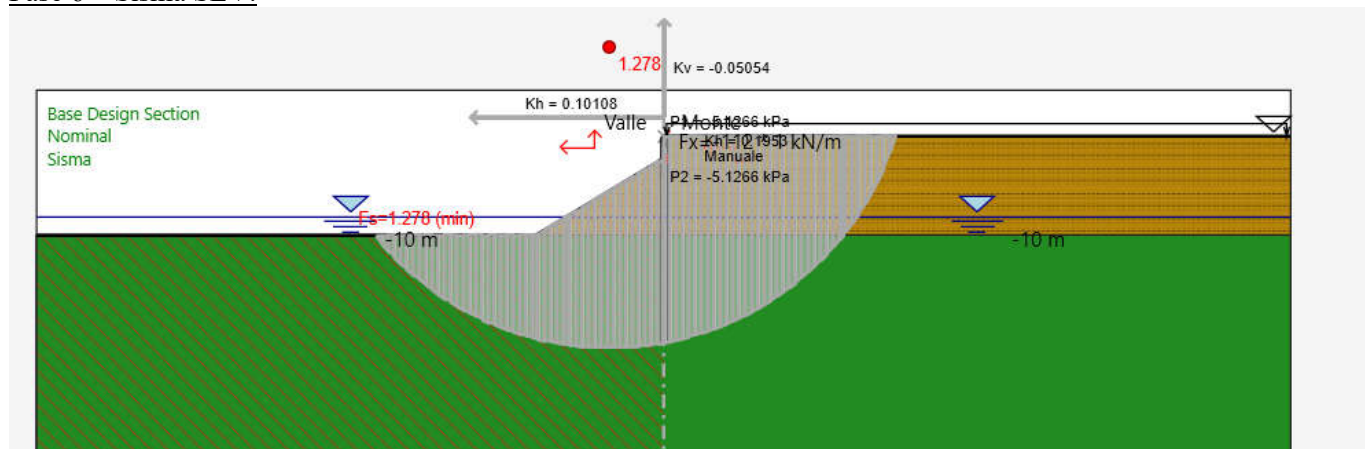
Le analisi sono state effettuate utilizzando il metodo di Bishop, secondo le condizioni di falda riportate al paragrafo "Quota di falda". Il calcolo è stato effettuato tenendo conto dei valori di coesione efficace della sola argilla in situ e non di quella dell'argine in via conservativa. Si riportano nelle immagini di seguito la superficie più gravosa nelle fasi più gravose e il relativo coefficiente di sicurezza calcolato.

Fase 5 – SLU - Azioni permanenti e variabili:



Risulta  $\gamma = 2.204 > 1.1 = \gamma_R$  di conseguenza la verifica risulta soddisfatta.

Fase 6 – Sisma SLV:



Risulta  $\gamma = 1.278 > 1.1 = \gamma_R$  di conseguenza la verifica risulta soddisfatta.

### 12.11.3 Verifica di resistenza ai carichi assiali

Si riporta di seguito la verifica di resistenza ai carichi assiali SLU per il diaframma in oggetto secondo la combinazione (A1+M1+R3) come richiesto da NTC 2018.

Il diaframma presenta lunghezza pari a 36.0 m. Il calcolo è stato effettuato considerando in via conservativa una sola verticale indagata.

Il carico massimo agente in testa diaframma trasmesso dall' impalcato si ha in Combinazione statica SLU e vale per metro di sviluppo di diaframma:

$$N_{SLU/m} = 1310 \text{ kN/m}$$

Sommando a tale carico il peso della trave di coronamento e del paraghiaia si ha:

$$N_{SLU/m} = 1310 \text{ kN/m} + 4.2 \text{ m}^3/\text{m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 1.3 = 1447 \text{ kN/m}$$

Nel calcolo del carico sollecitante non viene considerato il peso proprio del diaframma in quanto viene utilizzato nel calcolo della portata di base dell' argilla il valore di  $q_b = 6 c_u$ , senza il contributo del carico litostatico totale.

Non viene considerata la resistenza laterale fornita dai primi 6.0 m di argine in quanto plasticizzati dalle spinte di monte.

Si riporta di seguito il calcolo della resistenza laterale fornita dai primi 13.0 m di diaframma realizzato nell' argine.

$$\sigma'_{vm} = 6 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3 + 7/2 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3 = 95 \text{ kPa}$$

$$\tau' = 0.7 \times \sigma'_{vm} \times \tan \phi' = 0.7 \times 95 \text{ kPa} \times \tan (31^\circ) = 39.9 \text{ kPa}$$

Da cui la resistenza laterale di progetto:

$$R_{lat,d} = 2 \times \tau' / (\gamma_R \xi) \times 7.0 \text{ m} = 2 \times 39.9 \text{ kPa} / (1.15 \times 1.7) \times 7.0 \text{ m} = 285.7 \text{ kN/m}$$

Si riporta di seguito il calcolo della resistenza laterale fornita dai primi 9.0 m di diaframma realizzato nell' argilla in situ.

$$\tau' = \alpha_i \times c_{ui} = 0.5 \times 50 \text{ kPa} = 25 \text{ kPa}$$

Da cui la resistenza laterale di progetto:

$$R_{lat,d} = 2 \times \tau' / (\gamma_R \xi) \times 9.0 \text{ m} = 2 \times 25 \text{ kPa} / (1.15 \times 1.7) \times 9.0 \text{ m} = 230 \text{ kN/m}$$

Si riporta di seguito il calcolo della resistenza laterale fornita dagli ultimi 14.0 m di diaframma realizzato nell' argilla in situ.

$$\tau' = \alpha_i \times c_{ui} = 0.5 \times 100 \text{ kPa} = 50 \text{ kPa}$$

Da cui la resistenza laterale di progetto:

$$R_{lat,d} = 2 \times \tau' / (\gamma_R \xi) \times 14.0 \text{ m} = 2 \times 50 \text{ kPa} / (1.15 \times 1.7) \times 14.0 \text{ m} = 716 \text{ kN/m}$$

La resistenza laterale di progetto vale quindi:

$$R_{lat,d} = 285.7 + 230 + 716 = 1231.7 \text{ kN/m}$$

La resistenza di punta di progetto vale:

$$R_{punta,d} = q_b \times A_b / (\gamma_R \xi) = 6 C_u \times A_b / (\gamma_R \xi) = (6 \times 100) \text{ kPa} \times 1 \text{ m}^2 / (1.35 \times 1.7) = 261.4 \text{ kN/m}$$

La resistenza di progetto ai carichi assiali vale quindi:

$$R_{d/m} = R_{lat,d} + R_{punta,d} = 1231.7 + 261.4 = 1493.1 \text{ kN/m} > N_{SLU/m} = 1447 \text{ kN/m}$$

Risulta  $R_{d/m} > N_{SLU/m}$  di conseguenza la verifica di resistenza ai carichi assiali SLU per il diaframma in oggetto risulta soddisfatta.

## **12.12 VERIFICHE DI DEFORMABILITA'**

Il massimo spostamento SLE della paratia nella condizione di applicazione dei carichi permanenti e variabili risulta pari a 5.5 cm. Tale valore appare del tutto compatibile con le funzionalità della struttura vista la scelta conservativa dei parametri di resistenza a deformabilità dei terreni interagenti con l'opera.

## **12.13 ALLEGATI**

### **12.13.1 Output del software paratie**

Descrizione della Stratigrafia e degli Strati di Terreno

Tipo	:			HORIZONTAL
Quota	:		2.7	m
OCR	:			1
Tipo	:			HORIZONTAL
Quota	:		-13	m
OCR	:			1

Descrizione Pareti

X	:		0	m
Quota	in	alto	:	2.7
Quota	di	fondo	:	-36
Muro		di		sinistra

Grafici dei Risultati

Design Assumption : Nominal

Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Geostatica

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Geostatica	2.7	0
Geostatica	2.5	0
Geostatica	2.3	0
Geostatica	2.1	0
Geostatica	1.9	0
Geostatica	1.7	0
Geostatica	1.5	0
Geostatica	1.3	0
Geostatica	1.1	0
Geostatica	0.9	0
Geostatica	0.7	0
Geostatica	0.5	0
Geostatica	0.3	0
Geostatica	0.1	0
Geostatica	-0.1	0
Geostatica	-0.3	0
Geostatica	-0.5	0
Geostatica	-0.7	0
Geostatica	-0.9	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Geostatica	-1.1	0
Geostatica	-1.3	0
Geostatica	-1.5	0
Geostatica	-1.7	0
Geostatica	-1.9	0
Geostatica	-2.1	0
Geostatica	-2.3	0
Geostatica	-2.5	0
Geostatica	-2.7	0
Geostatica	-2.9	0
Geostatica	-3.1	0
Geostatica	-3.3	0
Geostatica	-3.5	0
Geostatica	-3.7	0
Geostatica	-3.9	0
Geostatica	-4.1	0
Geostatica	-4.3	0
Geostatica	-4.5	0
Geostatica	-4.7	0
Geostatica	-4.9	0
Geostatica	-5.1	0
Geostatica	-5.3	0
Geostatica	-5.5	0
Geostatica	-5.7	0
Geostatica	-5.9	0
Geostatica	-6.1	0
Geostatica	-6.3	0
Geostatica	-6.5	0
Geostatica	-6.7	0
Geostatica	-6.9	0
Geostatica	-7.1	0
Geostatica	-7.3	0
Geostatica	-7.5	0
Geostatica	-7.7	0
Geostatica	-7.9	0
Geostatica	-8.1	0
Geostatica	-8.3	0
Geostatica	-8.5	0
Geostatica	-8.7	0
Geostatica	-8.9	0
Geostatica	-9.1	0
Geostatica	-9.3	0
Geostatica	-9.5	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Geostatica	-9.7	0
Geostatica	-9.9	0
Geostatica	-10.1	0
Geostatica	-10.3	0
Geostatica	-10.5	0
Geostatica	-10.7	0
Geostatica	-10.9	0
Geostatica	-11.1	0
Geostatica	-11.3	0
Geostatica	-11.5	0
Geostatica	-11.7	0
Geostatica	-11.9	0
Geostatica	-12.1	0
Geostatica	-12.3	0
Geostatica	-12.5	0
Geostatica	-12.7	0
Geostatica	-12.9	0
Geostatica	-13.1	0
Geostatica	-13.3	0
Geostatica	-13.5	0
Geostatica	-13.7	0
Geostatica	-13.9	0
Geostatica	-14.1	0
Geostatica	-14.3	0
Geostatica	-14.5	0
Geostatica	-14.7	0
Geostatica	-14.9	0
Geostatica	-15.1	0
Geostatica	-15.3	0
Geostatica	-15.5	0
Geostatica	-15.7	0
Geostatica	-15.9	0
Geostatica	-16.1	0
Geostatica	-16.3	0
Geostatica	-16.5	0
Geostatica	-16.7	0
Geostatica	-16.9	0
Geostatica	-17.1	0
Geostatica	-17.3	0
Geostatica	-17.5	0
Geostatica	-17.7	0
Geostatica	-17.9	0
Geostatica	-18.1	0



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Geostatica	-18.3	0
Geostatica	-18.5	0
Geostatica	-18.7	0
Geostatica	-18.9	0
Geostatica	-19.1	0
Geostatica	-19.3	0
Geostatica	-19.5	0
Geostatica	-19.7	0
Geostatica	-19.9	0
Geostatica	-20.1	0
Geostatica	-20.3	0
Geostatica	-20.5	0
Geostatica	-20.7	0
Geostatica	-20.9	0
Geostatica	-21.1	0
Geostatica	-21.3	0
Geostatica	-21.5	0
Geostatica	-21.7	0
Geostatica	-21.9	0
Geostatica	-22.1	0
Geostatica	-22.3	0
Geostatica	-22.5	0
Geostatica	-22.7	0
Geostatica	-22.9	0
Geostatica	-23.1	0
Geostatica	-23.3	0
Geostatica	-23.5	0
Geostatica	-23.7	0
Geostatica	-23.9	0
Geostatica	-24.1	0
Geostatica	-24.3	0
Geostatica	-24.5	0
Geostatica	-24.7	0
Geostatica	-24.9	0
Geostatica	-25.1	0
Geostatica	-25.3	0
Geostatica	-25.5	0
Geostatica	-25.7	0
Geostatica	-25.9	0
Geostatica	-26.1	0
Geostatica	-26.3	0
Geostatica	-26.5	0
Geostatica	-26.7	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Geostatica	-26.9	0
Geostatica	-27.1	0
Geostatica	-27.3	0
Geostatica	-27.5	0
Geostatica	-27.7	0
Geostatica	-27.9	0
Geostatica	-28.1	0
Geostatica	-28.3	0
Geostatica	-28.5	0
Geostatica	-28.7	0
Geostatica	-28.9	0
Geostatica	-29.1	0
Geostatica	-29.3	0
Geostatica	-29.5	0
Geostatica	-29.7	0
Geostatica	-29.9	0
Geostatica	-30.1	0
Geostatica	-30.3	0
Geostatica	-30.5	0
Geostatica	-30.7	0
Geostatica	-30.9	0
Geostatica	-31.1	0
Geostatica	-31.3	0
Geostatica	-31.5	0
Geostatica	-31.7	0
Geostatica	-31.9	0
Geostatica	-32.1	0
Geostatica	-32.3	0
Geostatica	-32.5	0
Geostatica	-32.7	0
Geostatica	-32.9	0
Geostatica	-33.1	0
Geostatica	-33.3	0
Geostatica	-33.5	0
Geostatica	-33.7	0
Geostatica	-33.9	0
Geostatica	-34.1	0
Geostatica	-34.3	0
Geostatica	-34.5	0
Geostatica	-34.7	0
Geostatica	-34.9	0
Geostatica	-35.1	0
Geostatica	-35.3	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: NominalTipo Risultato: SpostamentoMuro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Geostatica	-35.5	0
Geostatica	-35.7	0
Geostatica	-35.9	0
Geostatica	-36	0

Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Realizzazione paratia

Design Assumption: NominalTipo Risultato: SpostamentoMuro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Realizzazione paratia	2.7	0
Realizzazione paratia	2.5	0
Realizzazione paratia	2.3	0
Realizzazione paratia	2.1	0
Realizzazione paratia	1.9	0
Realizzazione paratia	1.7	0
Realizzazione paratia	1.5	0
Realizzazione paratia	1.3	0
Realizzazione paratia	1.1	0
Realizzazione paratia	0.9	0
Realizzazione paratia	0.7	0
Realizzazione paratia	0.5	0
Realizzazione paratia	0.3	0
Realizzazione paratia	0.1	0
Realizzazione paratia	-0.1	0
Realizzazione paratia	-0.3	0
Realizzazione paratia	-0.5	0
Realizzazione paratia	-0.7	0
Realizzazione paratia	-0.9	0
Realizzazione paratia	-1.1	0
Realizzazione paratia	-1.3	0
Realizzazione paratia	-1.5	0
Realizzazione paratia	-1.7	0
Realizzazione paratia	-1.9	0
Realizzazione paratia	-2.1	0
Realizzazione paratia	-2.3	0
Realizzazione paratia	-2.5	0
Realizzazione paratia	-2.7	0
Realizzazione paratia	-2.9	0
Realizzazione paratia	-3.1	0
Realizzazione paratia	-3.3	0
Realizzazione paratia	-3.5	0
Realizzazione paratia	-3.7	0
Realizzazione paratia	-3.9	0
Realizzazione paratia	-4.1	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Realizzazione paratia	-4.3	0
Realizzazione paratia	-4.5	0
Realizzazione paratia	-4.7	0
Realizzazione paratia	-4.9	0
Realizzazione paratia	-5.1	0
Realizzazione paratia	-5.3	0
Realizzazione paratia	-5.5	0
Realizzazione paratia	-5.7	0
Realizzazione paratia	-5.9	0
Realizzazione paratia	-6.1	0
Realizzazione paratia	-6.3	0
Realizzazione paratia	-6.5	0
Realizzazione paratia	-6.7	0
Realizzazione paratia	-6.9	0
Realizzazione paratia	-7.1	0
Realizzazione paratia	-7.3	0
Realizzazione paratia	-7.5	0
Realizzazione paratia	-7.7	0
Realizzazione paratia	-7.9	0
Realizzazione paratia	-8.1	0
Realizzazione paratia	-8.3	0
Realizzazione paratia	-8.5	0
Realizzazione paratia	-8.7	0
Realizzazione paratia	-8.9	0
Realizzazione paratia	-9.1	0
Realizzazione paratia	-9.3	0
Realizzazione paratia	-9.5	0
Realizzazione paratia	-9.7	0
Realizzazione paratia	-9.9	0
Realizzazione paratia	-10.1	0
Realizzazione paratia	-10.3	0
Realizzazione paratia	-10.5	0
Realizzazione paratia	-10.7	0
Realizzazione paratia	-10.9	0
Realizzazione paratia	-11.1	0
Realizzazione paratia	-11.3	0
Realizzazione paratia	-11.5	0
Realizzazione paratia	-11.7	0
Realizzazione paratia	-11.9	0
Realizzazione paratia	-12.1	0
Realizzazione paratia	-12.3	0
Realizzazione paratia	-12.5	0
Realizzazione paratia	-12.7	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Realizzazione paratia	-12.9	0
Realizzazione paratia	-13.1	0
Realizzazione paratia	-13.3	0
Realizzazione paratia	-13.5	0
Realizzazione paratia	-13.7	0
Realizzazione paratia	-13.9	0
Realizzazione paratia	-14.1	0
Realizzazione paratia	-14.3	0
Realizzazione paratia	-14.5	0
Realizzazione paratia	-14.7	0
Realizzazione paratia	-14.9	0
Realizzazione paratia	-15.1	0
Realizzazione paratia	-15.3	0
Realizzazione paratia	-15.5	0
Realizzazione paratia	-15.7	0
Realizzazione paratia	-15.9	0
Realizzazione paratia	-16.1	0
Realizzazione paratia	-16.3	0
Realizzazione paratia	-16.5	0
Realizzazione paratia	-16.7	0
Realizzazione paratia	-16.9	0
Realizzazione paratia	-17.1	0
Realizzazione paratia	-17.3	0
Realizzazione paratia	-17.5	0
Realizzazione paratia	-17.7	0
Realizzazione paratia	-17.9	0
Realizzazione paratia	-18.1	0
Realizzazione paratia	-18.3	0
Realizzazione paratia	-18.5	0
Realizzazione paratia	-18.7	0
Realizzazione paratia	-18.9	0
Realizzazione paratia	-19.1	0
Realizzazione paratia	-19.3	0
Realizzazione paratia	-19.5	0
Realizzazione paratia	-19.7	0
Realizzazione paratia	-19.9	0
Realizzazione paratia	-20.1	0
Realizzazione paratia	-20.3	0
Realizzazione paratia	-20.5	0
Realizzazione paratia	-20.7	0
Realizzazione paratia	-20.9	0
Realizzazione paratia	-21.1	0
Realizzazione paratia	-21.3	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Realizzazione paratia	-21.5	0
Realizzazione paratia	-21.7	0
Realizzazione paratia	-21.9	0
Realizzazione paratia	-22.1	0
Realizzazione paratia	-22.3	0
Realizzazione paratia	-22.5	0
Realizzazione paratia	-22.7	0
Realizzazione paratia	-22.9	0
Realizzazione paratia	-23.1	0
Realizzazione paratia	-23.3	0
Realizzazione paratia	-23.5	0
Realizzazione paratia	-23.7	0
Realizzazione paratia	-23.9	0
Realizzazione paratia	-24.1	0
Realizzazione paratia	-24.3	0
Realizzazione paratia	-24.5	0
Realizzazione paratia	-24.7	0
Realizzazione paratia	-24.9	0
Realizzazione paratia	-25.1	0
Realizzazione paratia	-25.3	0
Realizzazione paratia	-25.5	0
Realizzazione paratia	-25.7	0
Realizzazione paratia	-25.9	0
Realizzazione paratia	-26.1	0
Realizzazione paratia	-26.3	0
Realizzazione paratia	-26.5	0
Realizzazione paratia	-26.7	0
Realizzazione paratia	-26.9	0
Realizzazione paratia	-27.1	0
Realizzazione paratia	-27.3	0
Realizzazione paratia	-27.5	0
Realizzazione paratia	-27.7	0
Realizzazione paratia	-27.9	0
Realizzazione paratia	-28.1	0
Realizzazione paratia	-28.3	0
Realizzazione paratia	-28.5	0
Realizzazione paratia	-28.7	0
Realizzazione paratia	-28.9	0
Realizzazione paratia	-29.1	0
Realizzazione paratia	-29.3	0
Realizzazione paratia	-29.5	0
Realizzazione paratia	-29.7	0
Realizzazione paratia	-29.9	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Realizzazione paratia	-30.1	0
Realizzazione paratia	-30.3	0
Realizzazione paratia	-30.5	0
Realizzazione paratia	-30.7	0
Realizzazione paratia	-30.9	0
Realizzazione paratia	-31.1	0
Realizzazione paratia	-31.3	0
Realizzazione paratia	-31.5	0
Realizzazione paratia	-31.7	0
Realizzazione paratia	-31.9	0
Realizzazione paratia	-32.1	0
Realizzazione paratia	-32.3	0
Realizzazione paratia	-32.5	0
Realizzazione paratia	-32.7	0
Realizzazione paratia	-32.9	0
Realizzazione paratia	-33.1	0
Realizzazione paratia	-33.3	0
Realizzazione paratia	-33.5	0
Realizzazione paratia	-33.7	0
Realizzazione paratia	-33.9	0
Realizzazione paratia	-34.1	0
Realizzazione paratia	-34.3	0
Realizzazione paratia	-34.5	0
Realizzazione paratia	-34.7	0
Realizzazione paratia	-34.9	0
Realizzazione paratia	-35.1	0
Realizzazione paratia	-35.3	0
Realizzazione paratia	-35.5	0
Realizzazione paratia	-35.7	0
Realizzazione paratia	-35.9	0
Realizzazione paratia	-36	0

Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Permanente

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Permanente	2.7	-6.69
Permanente	2.5	-6.56
Permanente	2.3	-6.43
Permanente	2.1	-6.3
Permanente	1.9	-6.17
Permanente	1.7	-6.04
Permanente	1.5	-5.91
Permanente	1.3	-5.78

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Permanente	1.1	-5.65
Permanente	0.9	-5.52
Permanente	0.7	-5.39
Permanente	0.5	-5.26
Permanente	0.3	-5.13
Permanente	0.1	-5
Permanente	-0.1	-4.88
Permanente	-0.3	-4.75
Permanente	-0.5	-4.62
Permanente	-0.7	-4.49
Permanente	-0.9	-4.36
Permanente	-1.1	-4.24
Permanente	-1.3	-4.11
Permanente	-1.5	-3.99
Permanente	-1.7	-3.86
Permanente	-1.9	-3.74
Permanente	-2.1	-3.62
Permanente	-2.3	-3.5
Permanente	-2.5	-3.38
Permanente	-2.7	-3.27
Permanente	-2.9	-3.15
Permanente	-3.1	-3.04
Permanente	-3.3	-2.93
Permanente	-3.5	-2.82
Permanente	-3.7	-2.72
Permanente	-3.9	-2.62
Permanente	-4.1	-2.52
Permanente	-4.3	-2.42
Permanente	-4.5	-2.33
Permanente	-4.7	-2.24
Permanente	-4.9	-2.15
Permanente	-5.1	-2.07
Permanente	-5.3	-1.99
Permanente	-5.5	-1.92
Permanente	-5.7	-1.85
Permanente	-5.9	-1.78
Permanente	-6.1	-1.72
Permanente	-6.3	-1.66
Permanente	-6.5	-1.6
Permanente	-6.7	-1.55
Permanente	-6.9	-1.51
Permanente	-7.1	-1.46
Permanente	-7.3	-1.43



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Permanente	-7.5	-1.39
Permanente	-7.7	-1.37
Permanente	-7.9	-1.34
Permanente	-8.1	-1.32
Permanente	-8.3	-1.3
Permanente	-8.5	-1.29
Permanente	-8.7	-1.29
Permanente	-8.9	-1.28
Permanente	-9.1	-1.28
Permanente	-9.3	-1.29
Permanente	-9.5	-1.3
Permanente	-9.7	-1.31
Permanente	-9.9	-1.33
Permanente	-10.1	-1.35
Permanente	-10.3	-1.38
Permanente	-10.5	-1.41
Permanente	-10.7	-1.44
Permanente	-10.9	-1.48
Permanente	-11.1	-1.52
Permanente	-11.3	-1.56
Permanente	-11.5	-1.61
Permanente	-11.7	-1.66
Permanente	-11.9	-1.71
Permanente	-12.1	-1.77
Permanente	-12.3	-1.82
Permanente	-12.5	-1.88
Permanente	-12.7	-1.95
Permanente	-12.9	-2.01
Permanente	-13.1	-2.08
Permanente	-13.3	-2.15
Permanente	-13.5	-2.22
Permanente	-13.7	-2.29
Permanente	-13.9	-2.36
Permanente	-14.1	-2.43
Permanente	-14.3	-2.51
Permanente	-14.5	-2.58
Permanente	-14.7	-2.65
Permanente	-14.9	-2.73
Permanente	-15.1	-2.8
Permanente	-15.3	-2.87
Permanente	-15.5	-2.94
Permanente	-15.7	-3.02
Permanente	-15.9	-3.09

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Permanente	-16.1	-3.16
Permanente	-16.3	-3.23
Permanente	-16.5	-3.3
Permanente	-16.7	-3.36
Permanente	-16.9	-3.43
Permanente	-17.1	-3.49
Permanente	-17.3	-3.56
Permanente	-17.5	-3.62
Permanente	-17.7	-3.68
Permanente	-17.9	-3.74
Permanente	-18.1	-3.8
Permanente	-18.3	-3.86
Permanente	-18.5	-3.91
Permanente	-18.7	-3.97
Permanente	-18.9	-4.02
Permanente	-19.1	-4.07
Permanente	-19.3	-4.12
Permanente	-19.5	-4.17
Permanente	-19.7	-4.21
Permanente	-19.9	-4.26
Permanente	-20.1	-4.3
Permanente	-20.3	-4.34
Permanente	-20.5	-4.38
Permanente	-20.7	-4.42
Permanente	-20.9	-4.46
Permanente	-21.1	-4.49
Permanente	-21.3	-4.53
Permanente	-21.5	-4.56
Permanente	-21.7	-4.59
Permanente	-21.9	-4.62
Permanente	-22.1	-4.65
Permanente	-22.3	-4.68
Permanente	-22.5	-4.7
Permanente	-22.7	-4.73
Permanente	-22.9	-4.75
Permanente	-23.1	-4.78
Permanente	-23.3	-4.8
Permanente	-23.5	-4.82
Permanente	-23.7	-4.84
Permanente	-23.9	-4.85
Permanente	-24.1	-4.87
Permanente	-24.3	-4.89
Permanente	-24.5	-4.9

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Permanente	-24.7	-4.91
Permanente	-24.9	-4.93
Permanente	-25.1	-4.94
Permanente	-25.3	-4.95
Permanente	-25.5	-4.96
Permanente	-25.7	-4.97
Permanente	-25.9	-4.98
Permanente	-26.1	-4.99
Permanente	-26.3	-4.99
Permanente	-26.5	-5
Permanente	-26.7	-5.01
Permanente	-26.9	-5.01
Permanente	-27.1	-5.02
Permanente	-27.3	-5.02
Permanente	-27.5	-5.02
Permanente	-27.7	-5.03
Permanente	-27.9	-5.03
Permanente	-28.1	-5.03
Permanente	-28.3	-5.03
Permanente	-28.5	-5.04
Permanente	-28.7	-5.04
Permanente	-28.9	-5.04
Permanente	-29.1	-5.04
Permanente	-29.3	-5.04
Permanente	-29.5	-5.04
Permanente	-29.7	-5.04
Permanente	-29.9	-5.04
Permanente	-30.1	-5.04
Permanente	-30.3	-5.03
Permanente	-30.5	-5.03
Permanente	-30.7	-5.03
Permanente	-30.9	-5.03
Permanente	-31.1	-5.03
Permanente	-31.3	-5.03
Permanente	-31.5	-5.02
Permanente	-31.7	-5.02
Permanente	-31.9	-5.02
Permanente	-32.1	-5.02
Permanente	-32.3	-5.01
Permanente	-32.5	-5.01
Permanente	-32.7	-5.01
Permanente	-32.9	-5
Permanente	-33.1	-5

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Permanente	-33.3	-5
Permanente	-33.5	-5
Permanente	-33.7	-4.99
Permanente	-33.9	-4.99
Permanente	-34.1	-4.99
Permanente	-34.3	-4.98
Permanente	-34.5	-4.98
Permanente	-34.7	-4.98
Permanente	-34.9	-4.97
Permanente	-35.1	-4.97
Permanente	-35.3	-4.97
Permanente	-35.5	-4.96
Permanente	-35.7	-4.96
Permanente	-35.9	-4.96
Permanente	-36	-4.96

Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Perm+Svc

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc	2.7	-18.51
Perm+Svc	2.5	-18.18
Perm+Svc	2.3	-17.85
Perm+Svc	2.1	-17.53
Perm+Svc	1.9	-17.2
Perm+Svc	1.7	-16.87
Perm+Svc	1.5	-16.54
Perm+Svc	1.3	-16.21
Perm+Svc	1.1	-15.88
Perm+Svc	0.9	-15.55
Perm+Svc	0.7	-15.22
Perm+Svc	0.5	-14.9
Perm+Svc	0.3	-14.57
Perm+Svc	0.1	-14.24
Perm+Svc	-0.1	-13.92
Perm+Svc	-0.3	-13.59
Perm+Svc	-0.5	-13.26
Perm+Svc	-0.7	-12.94
Perm+Svc	-0.9	-12.62
Perm+Svc	-1.1	-12.29
Perm+Svc	-1.3	-11.97
Perm+Svc	-1.5	-11.66
Perm+Svc	-1.7	-11.34
Perm+Svc	-1.9	-11.02

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc	-2.1	-10.71
Perm+Svc	-2.3	-10.4
Perm+Svc	-2.5	-10.09
Perm+Svc	-2.7	-9.79
Perm+Svc	-2.9	-9.49
Perm+Svc	-3.1	-9.19
Perm+Svc	-3.3	-8.89
Perm+Svc	-3.5	-8.6
Perm+Svc	-3.7	-8.32
Perm+Svc	-3.9	-8.03
Perm+Svc	-4.1	-7.76
Perm+Svc	-4.3	-7.49
Perm+Svc	-4.5	-7.22
Perm+Svc	-4.7	-6.96
Perm+Svc	-4.9	-6.7
Perm+Svc	-5.1	-6.45
Perm+Svc	-5.3	-6.21
Perm+Svc	-5.5	-5.97
Perm+Svc	-5.7	-5.75
Perm+Svc	-5.9	-5.52
Perm+Svc	-6.1	-5.31
Perm+Svc	-6.3	-5.1
Perm+Svc	-6.5	-4.9
Perm+Svc	-6.7	-4.71
Perm+Svc	-6.9	-4.52
Perm+Svc	-7.1	-4.35
Perm+Svc	-7.3	-4.18
Perm+Svc	-7.5	-4.02
Perm+Svc	-7.7	-3.87
Perm+Svc	-7.9	-3.72
Perm+Svc	-8.1	-3.59
Perm+Svc	-8.3	-3.47
Perm+Svc	-8.5	-3.35
Perm+Svc	-8.7	-3.24
Perm+Svc	-8.9	-3.14
Perm+Svc	-9.1	-3.05
Perm+Svc	-9.3	-2.97
Perm+Svc	-9.5	-2.9
Perm+Svc	-9.7	-2.83
Perm+Svc	-9.9	-2.77
Perm+Svc	-10.1	-2.73
Perm+Svc	-10.3	-2.69
Perm+Svc	-10.5	-2.65

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc	-10.7	-2.63
Perm+Svc	-10.9	-2.61
Perm+Svc	-11.1	-2.61
Perm+Svc	-11.3	-2.6
Perm+Svc	-11.5	-2.61
Perm+Svc	-11.7	-2.62
Perm+Svc	-11.9	-2.64
Perm+Svc	-12.1	-2.67
Perm+Svc	-12.3	-2.7
Perm+Svc	-12.5	-2.74
Perm+Svc	-12.7	-2.78
Perm+Svc	-12.9	-2.83
Perm+Svc	-13.1	-2.88
Perm+Svc	-13.3	-2.93
Perm+Svc	-13.5	-2.99
Perm+Svc	-13.7	-3.06
Perm+Svc	-13.9	-3.12
Perm+Svc	-14.1	-3.19
Perm+Svc	-14.3	-3.27
Perm+Svc	-14.5	-3.34
Perm+Svc	-14.7	-3.42
Perm+Svc	-14.9	-3.49
Perm+Svc	-15.1	-3.57
Perm+Svc	-15.3	-3.65
Perm+Svc	-15.5	-3.73
Perm+Svc	-15.7	-3.82
Perm+Svc	-15.9	-3.9
Perm+Svc	-16.1	-3.98
Perm+Svc	-16.3	-4.06
Perm+Svc	-16.5	-4.14
Perm+Svc	-16.7	-4.23
Perm+Svc	-16.9	-4.31
Perm+Svc	-17.1	-4.39
Perm+Svc	-17.3	-4.47
Perm+Svc	-17.5	-4.55
Perm+Svc	-17.7	-4.63
Perm+Svc	-17.9	-4.7
Perm+Svc	-18.1	-4.78
Perm+Svc	-18.3	-4.86
Perm+Svc	-18.5	-4.93
Perm+Svc	-18.7	-5
Perm+Svc	-18.9	-5.07
Perm+Svc	-19.1	-5.14

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc	-19.3	-5.21
Perm+Svc	-19.5	-5.28
Perm+Svc	-19.7	-5.34
Perm+Svc	-19.9	-5.4
Perm+Svc	-20.1	-5.46
Perm+Svc	-20.3	-5.52
Perm+Svc	-20.5	-5.58
Perm+Svc	-20.7	-5.64
Perm+Svc	-20.9	-5.69
Perm+Svc	-21.1	-5.75
Perm+Svc	-21.3	-5.8
Perm+Svc	-21.5	-5.85
Perm+Svc	-21.7	-5.89
Perm+Svc	-21.9	-5.94
Perm+Svc	-22.1	-5.98
Perm+Svc	-22.3	-6.03
Perm+Svc	-22.5	-6.07
Perm+Svc	-22.7	-6.11
Perm+Svc	-22.9	-6.14
Perm+Svc	-23.1	-6.18
Perm+Svc	-23.3	-6.21
Perm+Svc	-23.5	-6.25
Perm+Svc	-23.7	-6.28
Perm+Svc	-23.9	-6.31
Perm+Svc	-24.1	-6.34
Perm+Svc	-24.3	-6.36
Perm+Svc	-24.5	-6.39
Perm+Svc	-24.7	-6.41
Perm+Svc	-24.9	-6.44
Perm+Svc	-25.1	-6.46
Perm+Svc	-25.3	-6.48
Perm+Svc	-25.5	-6.5
Perm+Svc	-25.7	-6.52
Perm+Svc	-25.9	-6.54
Perm+Svc	-26.1	-6.55
Perm+Svc	-26.3	-6.57
Perm+Svc	-26.5	-6.58
Perm+Svc	-26.7	-6.6
Perm+Svc	-26.9	-6.61
Perm+Svc	-27.1	-6.62
Perm+Svc	-27.3	-6.63
Perm+Svc	-27.5	-6.64
Perm+Svc	-27.7	-6.65

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc	-27.9	-6.66
Perm+Svc	-28.1	-6.66
Perm+Svc	-28.3	-6.67
Perm+Svc	-28.5	-6.68
Perm+Svc	-28.7	-6.68
Perm+Svc	-28.9	-6.69
Perm+Svc	-29.1	-6.69
Perm+Svc	-29.3	-6.7
Perm+Svc	-29.5	-6.7
Perm+Svc	-29.7	-6.7
Perm+Svc	-29.9	-6.71
Perm+Svc	-30.1	-6.71
Perm+Svc	-30.3	-6.71
Perm+Svc	-30.5	-6.71
Perm+Svc	-30.7	-6.71
Perm+Svc	-30.9	-6.72
Perm+Svc	-31.1	-6.72
Perm+Svc	-31.3	-6.72
Perm+Svc	-31.5	-6.72
Perm+Svc	-31.7	-6.72
Perm+Svc	-31.9	-6.72
Perm+Svc	-32.1	-6.72
Perm+Svc	-32.3	-6.72
Perm+Svc	-32.5	-6.71
Perm+Svc	-32.7	-6.71
Perm+Svc	-32.9	-6.71
Perm+Svc	-33.1	-6.71
Perm+Svc	-33.3	-6.71
Perm+Svc	-33.5	-6.71
Perm+Svc	-33.7	-6.71
Perm+Svc	-33.9	-6.71
Perm+Svc	-34.1	-6.71
Perm+Svc	-34.3	-6.7
Perm+Svc	-34.5	-6.7
Perm+Svc	-34.7	-6.7
Perm+Svc	-34.9	-6.7
Perm+Svc	-35.1	-6.7
Perm+Svc	-35.3	-6.7
Perm+Svc	-35.5	-6.7
Perm+Svc	-35.7	-6.69
Perm+Svc	-35.9	-6.69
Perm+Svc	-36	-6.69



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Perm+Svc+Imp

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc+Imp	2.7	-54.28
Perm+Svc+Imp	2.5	-53.39
Perm+Svc+Imp	2.3	-52.51
Perm+Svc+Imp	2.1	-51.62
Perm+Svc+Imp	1.9	-50.74
Perm+Svc+Imp	1.7	-49.85
Perm+Svc+Imp	1.5	-48.97
Perm+Svc+Imp	1.3	-48.08
Perm+Svc+Imp	1.1	-47.19
Perm+Svc+Imp	0.9	-46.31
Perm+Svc+Imp	0.7	-45.43
Perm+Svc+Imp	0.5	-44.54
Perm+Svc+Imp	0.3	-43.66
Perm+Svc+Imp	0.1	-42.78
Perm+Svc+Imp	-0.1	-41.9
Perm+Svc+Imp	-0.3	-41.02
Perm+Svc+Imp	-0.5	-40.15
Perm+Svc+Imp	-0.7	-39.27
Perm+Svc+Imp	-0.9	-38.4
Perm+Svc+Imp	-1.1	-37.54
Perm+Svc+Imp	-1.3	-36.67
Perm+Svc+Imp	-1.5	-35.81
Perm+Svc+Imp	-1.7	-34.96
Perm+Svc+Imp	-1.9	-34.11
Perm+Svc+Imp	-2.1	-33.26
Perm+Svc+Imp	-2.3	-32.42
Perm+Svc+Imp	-2.5	-31.58
Perm+Svc+Imp	-2.7	-30.75
Perm+Svc+Imp	-2.9	-29.93
Perm+Svc+Imp	-3.1	-29.12
Perm+Svc+Imp	-3.3	-28.31
Perm+Svc+Imp	-3.5	-27.51
Perm+Svc+Imp	-3.7	-26.71
Perm+Svc+Imp	-3.9	-25.93
Perm+Svc+Imp	-4.1	-25.15
Perm+Svc+Imp	-4.3	-24.39
Perm+Svc+Imp	-4.5	-23.63
Perm+Svc+Imp	-4.7	-22.88
Perm+Svc+Imp	-4.9	-22.15
Perm+Svc+Imp	-5.1	-21.42
Perm+Svc+Imp	-5.3	-20.71
Perm+Svc+Imp	-5.5	-20.01

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc+Imp	-5.7	-19.32
Perm+Svc+Imp	-5.9	-18.64
Perm+Svc+Imp	-6.1	-17.98
Perm+Svc+Imp	-6.3	-17.33
Perm+Svc+Imp	-6.5	-16.69
Perm+Svc+Imp	-6.7	-16.07
Perm+Svc+Imp	-6.9	-15.46
Perm+Svc+Imp	-7.1	-14.86
Perm+Svc+Imp	-7.3	-14.28
Perm+Svc+Imp	-7.5	-13.72
Perm+Svc+Imp	-7.7	-13.17
Perm+Svc+Imp	-7.9	-12.64
Perm+Svc+Imp	-8.1	-12.12
Perm+Svc+Imp	-8.3	-11.62
Perm+Svc+Imp	-8.5	-11.13
Perm+Svc+Imp	-8.7	-10.66
Perm+Svc+Imp	-8.9	-10.21
Perm+Svc+Imp	-9.1	-9.78
Perm+Svc+Imp	-9.3	-9.36
Perm+Svc+Imp	-9.5	-8.95
Perm+Svc+Imp	-9.7	-8.57
Perm+Svc+Imp	-9.9	-8.2
Perm+Svc+Imp	-10.1	-7.85
Perm+Svc+Imp	-10.3	-7.51
Perm+Svc+Imp	-10.5	-7.2
Perm+Svc+Imp	-10.7	-6.9
Perm+Svc+Imp	-10.9	-6.61
Perm+Svc+Imp	-11.1	-6.34
Perm+Svc+Imp	-11.3	-6.09
Perm+Svc+Imp	-11.5	-5.85
Perm+Svc+Imp	-11.7	-5.63
Perm+Svc+Imp	-11.9	-5.42
Perm+Svc+Imp	-12.1	-5.23
Perm+Svc+Imp	-12.3	-5.06
Perm+Svc+Imp	-12.5	-4.89
Perm+Svc+Imp	-12.7	-4.75
Perm+Svc+Imp	-12.9	-4.61
Perm+Svc+Imp	-13.1	-4.49
Perm+Svc+Imp	-13.3	-4.38
Perm+Svc+Imp	-13.5	-4.28
Perm+Svc+Imp	-13.7	-4.19
Perm+Svc+Imp	-13.9	-4.11
Perm+Svc+Imp	-14.1	-4.04

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc+Imp	-14.3	-3.99
Perm+Svc+Imp	-14.5	-3.94
Perm+Svc+Imp	-14.7	-3.9
Perm+Svc+Imp	-14.9	-3.86
Perm+Svc+Imp	-15.1	-3.84
Perm+Svc+Imp	-15.3	-3.82
Perm+Svc+Imp	-15.5	-3.81
Perm+Svc+Imp	-15.7	-3.81
Perm+Svc+Imp	-15.9	-3.81
Perm+Svc+Imp	-16.1	-3.82
Perm+Svc+Imp	-16.3	-3.83
Perm+Svc+Imp	-16.5	-3.85
Perm+Svc+Imp	-16.7	-3.87
Perm+Svc+Imp	-16.9	-3.9
Perm+Svc+Imp	-17.1	-3.93
Perm+Svc+Imp	-17.3	-3.96
Perm+Svc+Imp	-17.5	-4
Perm+Svc+Imp	-17.7	-4.04
Perm+Svc+Imp	-17.9	-4.08
Perm+Svc+Imp	-18.1	-4.13
Perm+Svc+Imp	-18.3	-4.17
Perm+Svc+Imp	-18.5	-4.22
Perm+Svc+Imp	-18.7	-4.28
Perm+Svc+Imp	-18.9	-4.33
Perm+Svc+Imp	-19.1	-4.38
Perm+Svc+Imp	-19.3	-4.44
Perm+Svc+Imp	-19.5	-4.49
Perm+Svc+Imp	-19.7	-4.55
Perm+Svc+Imp	-19.9	-4.61
Perm+Svc+Imp	-20.1	-4.67
Perm+Svc+Imp	-20.3	-4.72
Perm+Svc+Imp	-20.5	-4.78
Perm+Svc+Imp	-20.7	-4.84
Perm+Svc+Imp	-20.9	-4.9
Perm+Svc+Imp	-21.1	-4.96
Perm+Svc+Imp	-21.3	-5.01
Perm+Svc+Imp	-21.5	-5.07
Perm+Svc+Imp	-21.7	-5.13
Perm+Svc+Imp	-21.9	-5.18
Perm+Svc+Imp	-22.1	-5.24
Perm+Svc+Imp	-22.3	-5.29
Perm+Svc+Imp	-22.5	-5.35
Perm+Svc+Imp	-22.7	-5.4

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc+Imp	-22.9	-5.45
Perm+Svc+Imp	-23.1	-5.5
Perm+Svc+Imp	-23.3	-5.55
Perm+Svc+Imp	-23.5	-5.6
Perm+Svc+Imp	-23.7	-5.65
Perm+Svc+Imp	-23.9	-5.69
Perm+Svc+Imp	-24.1	-5.74
Perm+Svc+Imp	-24.3	-5.78
Perm+Svc+Imp	-24.5	-5.83
Perm+Svc+Imp	-24.7	-5.87
Perm+Svc+Imp	-24.9	-5.91
Perm+Svc+Imp	-25.1	-5.95
Perm+Svc+Imp	-25.3	-5.99
Perm+Svc+Imp	-25.5	-6.02
Perm+Svc+Imp	-25.7	-6.06
Perm+Svc+Imp	-25.9	-6.09
Perm+Svc+Imp	-26.1	-6.13
Perm+Svc+Imp	-26.3	-6.16
Perm+Svc+Imp	-26.5	-6.19
Perm+Svc+Imp	-26.7	-6.22
Perm+Svc+Imp	-26.9	-6.25
Perm+Svc+Imp	-27.1	-6.28
Perm+Svc+Imp	-27.3	-6.3
Perm+Svc+Imp	-27.5	-6.33
Perm+Svc+Imp	-27.7	-6.36
Perm+Svc+Imp	-27.9	-6.38
Perm+Svc+Imp	-28.1	-6.4
Perm+Svc+Imp	-28.3	-6.43
Perm+Svc+Imp	-28.5	-6.45
Perm+Svc+Imp	-28.7	-6.47
Perm+Svc+Imp	-28.9	-6.49
Perm+Svc+Imp	-29.1	-6.51
Perm+Svc+Imp	-29.3	-6.52
Perm+Svc+Imp	-29.5	-6.54
Perm+Svc+Imp	-29.7	-6.56
Perm+Svc+Imp	-29.9	-6.57
Perm+Svc+Imp	-30.1	-6.59
Perm+Svc+Imp	-30.3	-6.61
Perm+Svc+Imp	-30.5	-6.62
Perm+Svc+Imp	-30.7	-6.63
Perm+Svc+Imp	-30.9	-6.65
Perm+Svc+Imp	-31.1	-6.66
Perm+Svc+Imp	-31.3	-6.67

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: NominalTipo Risultato: SpostamentoMuro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Perm+Svc+Imp	-31.5	-6.69
Perm+Svc+Imp	-31.7	-6.7
Perm+Svc+Imp	-31.9	-6.71
Perm+Svc+Imp	-32.1	-6.72
Perm+Svc+Imp	-32.3	-6.73
Perm+Svc+Imp	-32.5	-6.74
Perm+Svc+Imp	-32.7	-6.75
Perm+Svc+Imp	-32.9	-6.76
Perm+Svc+Imp	-33.1	-6.77
Perm+Svc+Imp	-33.3	-6.78
Perm+Svc+Imp	-33.5	-6.79
Perm+Svc+Imp	-33.7	-6.8
Perm+Svc+Imp	-33.9	-6.81
Perm+Svc+Imp	-34.1	-6.82
Perm+Svc+Imp	-34.3	-6.83
Perm+Svc+Imp	-34.5	-6.84
Perm+Svc+Imp	-34.7	-6.85
Perm+Svc+Imp	-34.9	-6.86
Perm+Svc+Imp	-35.1	-6.87
Perm+Svc+Imp	-35.3	-6.87
Perm+Svc+Imp	-35.5	-6.88
Perm+Svc+Imp	-35.7	-6.89
Perm+Svc+Imp	-35.9	-6.9
Perm+Svc+Imp	-36	-6.91

Tabella Spostamento Nominal - LEFT Stage: Sisma

Design Assumption: NominalTipo Risultato: SpostamentoMuro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Sisma	2.7	-279.08
Sisma	2.5	-275.44
Sisma	2.3	-271.8
Sisma	2.1	-268.16
Sisma	1.9	-264.53
Sisma	1.7	-260.89
Sisma	1.5	-257.25
Sisma	1.3	-253.61
Sisma	1.1	-249.98
Sisma	0.9	-246.34
Sisma	0.7	-242.71
Sisma	0.5	-239.08
Sisma	0.3	-235.45
Sisma	0.1	-231.82
Sisma	-0.1	-228.2

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: NominalTipo Risultato: SpostamentoMuro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Sisma	-0.3	-224.58
Sisma	-0.5	-220.97
Sisma	-0.7	-217.36
Sisma	-0.9	-213.76
Sisma	-1.1	-210.17
Sisma	-1.3	-206.58
Sisma	-1.5	-203
Sisma	-1.7	-199.43
Sisma	-1.9	-195.87
Sisma	-2.1	-192.32
Sisma	-2.3	-188.78
Sisma	-2.5	-185.25
Sisma	-2.7	-181.74
Sisma	-2.9	-178.23
Sisma	-3.1	-174.75
Sisma	-3.3	-171.28
Sisma	-3.5	-167.82
Sisma	-3.7	-164.38
Sisma	-3.9	-160.96
Sisma	-4.1	-157.56
Sisma	-4.3	-154.18
Sisma	-4.5	-150.81
Sisma	-4.7	-147.47
Sisma	-4.9	-144.15
Sisma	-5.1	-140.86
Sisma	-5.3	-137.58
Sisma	-5.5	-134.34
Sisma	-5.7	-131.12
Sisma	-5.9	-127.92
Sisma	-6.1	-124.75
Sisma	-6.3	-121.61
Sisma	-6.5	-118.5
Sisma	-6.7	-115.42
Sisma	-6.9	-112.37
Sisma	-7.1	-109.35
Sisma	-7.3	-106.36
Sisma	-7.5	-103.41
Sisma	-7.7	-100.49
Sisma	-7.9	-97.61
Sisma	-8.1	-94.76
Sisma	-8.3	-91.94
Sisma	-8.5	-89.17
Sisma	-8.7	-86.43

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Sisma	-8.9	-83.73
Sisma	-9.1	-81.06
Sisma	-9.3	-78.44
Sisma	-9.5	-75.86
Sisma	-9.7	-73.32
Sisma	-9.9	-70.82
Sisma	-10.1	-68.36
Sisma	-10.3	-65.95
Sisma	-10.5	-63.58
Sisma	-10.7	-61.25
Sisma	-10.9	-58.97
Sisma	-11.1	-56.73
Sisma	-11.3	-54.54
Sisma	-11.5	-52.39
Sisma	-11.7	-50.29
Sisma	-11.9	-48.24
Sisma	-12.1	-46.23
Sisma	-12.3	-44.28
Sisma	-12.5	-42.36
Sisma	-12.7	-40.5
Sisma	-12.9	-38.69
Sisma	-13.1	-36.92
Sisma	-13.3	-35.2
Sisma	-13.5	-33.54
Sisma	-13.7	-31.92
Sisma	-13.9	-30.35
Sisma	-14.1	-28.83
Sisma	-14.3	-27.35
Sisma	-14.5	-25.93
Sisma	-14.7	-24.55
Sisma	-14.9	-23.23
Sisma	-15.1	-21.95
Sisma	-15.3	-20.72
Sisma	-15.5	-19.53
Sisma	-15.7	-18.39
Sisma	-15.9	-17.3
Sisma	-16.1	-16.25
Sisma	-16.3	-15.25
Sisma	-16.5	-14.29
Sisma	-16.7	-13.37
Sisma	-16.9	-12.49
Sisma	-17.1	-11.66
Sisma	-17.3	-10.87

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Sisma	-17.5	-10.11
Sisma	-17.7	-9.39
Sisma	-17.9	-8.72
Sisma	-18.1	-8.07
Sisma	-18.3	-7.47
Sisma	-18.5	-6.89
Sisma	-18.7	-6.35
Sisma	-18.9	-5.85
Sisma	-19.1	-5.37
Sisma	-19.3	-4.93
Sisma	-19.5	-4.51
Sisma	-19.7	-4.13
Sisma	-19.9	-3.77
Sisma	-20.1	-3.44
Sisma	-20.3	-3.13
Sisma	-20.5	-2.85
Sisma	-20.7	-2.59
Sisma	-20.9	-2.35
Sisma	-21.1	-2.13
Sisma	-21.3	-1.94
Sisma	-21.5	-1.76
Sisma	-21.7	-1.61
Sisma	-21.9	-1.47
Sisma	-22.1	-1.35
Sisma	-22.3	-1.24
Sisma	-22.5	-1.15
Sisma	-22.7	-1.08
Sisma	-22.9	-1.02
Sisma	-23.1	-0.97
Sisma	-23.3	-0.94
Sisma	-23.5	-0.91
Sisma	-23.7	-0.9
Sisma	-23.9	-0.9
Sisma	-24.1	-0.91
Sisma	-24.3	-0.92
Sisma	-24.5	-0.95
Sisma	-24.7	-0.98
Sisma	-24.9	-1.02
Sisma	-25.1	-1.07
Sisma	-25.3	-1.13
Sisma	-25.5	-1.19
Sisma	-25.7	-1.25
Sisma	-25.9	-1.32



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Sisma	-26.1	-1.4
Sisma	-26.3	-1.48
Sisma	-26.5	-1.56
Sisma	-26.7	-1.65
Sisma	-26.9	-1.74
Sisma	-27.1	-1.84
Sisma	-27.3	-1.93
Sisma	-27.5	-2.03
Sisma	-27.7	-2.13
Sisma	-27.9	-2.23
Sisma	-28.1	-2.34
Sisma	-28.3	-2.45
Sisma	-28.5	-2.55
Sisma	-28.7	-2.66
Sisma	-28.9	-2.77
Sisma	-29.1	-2.88
Sisma	-29.3	-2.99
Sisma	-29.5	-3.1
Sisma	-29.7	-3.21
Sisma	-29.9	-3.32
Sisma	-30.1	-3.43
Sisma	-30.3	-3.55
Sisma	-30.5	-3.66
Sisma	-30.7	-3.77
Sisma	-30.9	-3.88
Sisma	-31.1	-3.99
Sisma	-31.3	-4.1
Sisma	-31.5	-4.21
Sisma	-31.7	-4.33
Sisma	-31.9	-4.44
Sisma	-32.1	-4.55
Sisma	-32.3	-4.66
Sisma	-32.5	-4.76
Sisma	-32.7	-4.87
Sisma	-32.9	-4.98
Sisma	-33.1	-5.09
Sisma	-33.3	-5.2
Sisma	-33.5	-5.31
Sisma	-33.7	-5.42
Sisma	-33.9	-5.52
Sisma	-34.1	-5.63
Sisma	-34.3	-5.74
Sisma	-34.5	-5.85

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Tipo Risultato: Spostamento Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Spostamento orizzontale (mm)
Sisma	-34.7	-5.95
Sisma	-34.9	-6.06
Sisma	-35.1	-6.17
Sisma	-35.3	-6.27
Sisma	-35.5	-6.38
Sisma	-35.7	-6.49
Sisma	-35.9	-6.6
Sisma	-36	-6.65

Risultati Paratia

Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Geostatica

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Geostatica	2.7	0	0
Geostatica	2.5	0	0
Geostatica	2.3	0	0
Geostatica	2.1	0	0
Geostatica	1.9	0	0
Geostatica	1.7	0	0
Geostatica	1.5	0	0
Geostatica	1.3	0	0
Geostatica	1.1	0	0
Geostatica	0.9	0	0
Geostatica	0.7	0	0
Geostatica	0.5	0	0
Geostatica	0.3	0	0
Geostatica	0.1	0	0
Geostatica	-0.1	0	0
Geostatica	-0.3	0	0
Geostatica	-0.5	0	0
Geostatica	-0.7	0	0
Geostatica	-0.9	0	0
Geostatica	-1.1	0	0
Geostatica	-1.3	0	0
Geostatica	-1.5	0	0
Geostatica	-1.7	0	0
Geostatica	-1.9	0	0
Geostatica	-2.1	0	0
Geostatica	-2.3	0	0
Geostatica	-2.5	0	0
Geostatica	-2.7	0	0
Geostatica	-2.9	0	0
Geostatica	-3.1	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Geostatica	-3.3	0	0
Geostatica	-3.5	0	0
Geostatica	-3.7	0	0
Geostatica	-3.9	0	0
Geostatica	-4.1	0	0
Geostatica	-4.3	0	0
Geostatica	-4.5	0	0
Geostatica	-4.7	0	0
Geostatica	-4.9	0	0
Geostatica	-5.1	0	0
Geostatica	-5.3	0	0
Geostatica	-5.5	0	0
Geostatica	-5.7	0	0
Geostatica	-5.9	0	0
Geostatica	-6.1	0	0
Geostatica	-6.3	0	0
Geostatica	-6.5	0	0
Geostatica	-6.7	0	0
Geostatica	-6.9	0	0
Geostatica	-7.1	0	0
Geostatica	-7.3	0	0
Geostatica	-7.5	0	0
Geostatica	-7.7	0	0
Geostatica	-7.9	0	0
Geostatica	-8.1	0	0
Geostatica	-8.3	0	0
Geostatica	-8.5	0	0
Geostatica	-8.7	0	0
Geostatica	-8.9	0	0
Geostatica	-9.1	0	0
Geostatica	-9.3	0	0
Geostatica	-9.5	0	0
Geostatica	-9.7	0	0
Geostatica	-9.9	0	0
Geostatica	-10.1	0	0
Geostatica	-10.3	0	0
Geostatica	-10.5	0	0
Geostatica	-10.7	0	0
Geostatica	-10.9	0	0
Geostatica	-11.1	0	0
Geostatica	-11.3	0	0
Geostatica	-11.5	0	0
Geostatica	-11.7	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Geostatica	-11.9	0	0
Geostatica	-12.1	0	0
Geostatica	-12.3	0	0
Geostatica	-12.5	0	0
Geostatica	-12.7	0	0
Geostatica	-12.9	0	0
Geostatica	-13.1	0	0
Geostatica	-13.3	0	0
Geostatica	-13.5	0	0
Geostatica	-13.7	0	0
Geostatica	-13.9	0	0
Geostatica	-14.1	0	0
Geostatica	-14.3	0	0
Geostatica	-14.5	0	0
Geostatica	-14.7	0	0
Geostatica	-14.9	0	0
Geostatica	-15.1	0	0
Geostatica	-15.3	0	0
Geostatica	-15.5	0	0
Geostatica	-15.7	0	0
Geostatica	-15.9	0	0
Geostatica	-16.1	0	0
Geostatica	-16.3	0	0
Geostatica	-16.5	0	0
Geostatica	-16.7	0	0
Geostatica	-16.9	0	0
Geostatica	-17.1	0	0
Geostatica	-17.3	0	0
Geostatica	-17.5	0	0
Geostatica	-17.7	0	0
Geostatica	-17.9	0	0
Geostatica	-18.1	0	0
Geostatica	-18.3	0	0
Geostatica	-18.5	0	0
Geostatica	-18.7	0	0
Geostatica	-18.9	0	0
Geostatica	-19.1	0	0
Geostatica	-19.3	0	0
Geostatica	-19.5	0	0
Geostatica	-19.7	0	0
Geostatica	-19.9	0	0
Geostatica	-20.1	0	0
Geostatica	-20.3	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Geostatica	-20.5	0	0
Geostatica	-20.7	0	0
Geostatica	-20.9	0	0
Geostatica	-21.1	0	0
Geostatica	-21.3	0	0
Geostatica	-21.5	0	0
Geostatica	-21.7	0	0
Geostatica	-21.9	0	0
Geostatica	-22.1	0	0
Geostatica	-22.3	0	0
Geostatica	-22.5	0	0
Geostatica	-22.7	0	0
Geostatica	-22.9	0	0
Geostatica	-23.1	0	0
Geostatica	-23.3	0	0
Geostatica	-23.5	0	0
Geostatica	-23.7	0	0
Geostatica	-23.9	0	0
Geostatica	-24.1	0	0
Geostatica	-24.3	0	0
Geostatica	-24.5	0	0
Geostatica	-24.7	0	0
Geostatica	-24.9	0	0
Geostatica	-25.1	0	0
Geostatica	-25.3	0	0
Geostatica	-25.5	0	0
Geostatica	-25.7	0	0
Geostatica	-25.9	0	0
Geostatica	-26.1	0	0
Geostatica	-26.3	0	0
Geostatica	-26.5	0	0
Geostatica	-26.7	0	0
Geostatica	-26.9	0	0
Geostatica	-27.1	0	0
Geostatica	-27.3	0	0
Geostatica	-27.5	0	0
Geostatica	-27.7	0	0
Geostatica	-27.9	0	0
Geostatica	-28.1	0	0
Geostatica	-28.3	0	0
Geostatica	-28.5	0	0
Geostatica	-28.7	0	0
Geostatica	-28.9	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Geostatica	-29.1	0	0
Geostatica	-29.3	0	0
Geostatica	-29.5	0	0
Geostatica	-29.7	0	0
Geostatica	-29.9	0	0
Geostatica	-30.1	0	0
Geostatica	-30.3	0	0
Geostatica	-30.5	0	0
Geostatica	-30.7	0	0
Geostatica	-30.9	0	0
Geostatica	-31.1	0	0
Geostatica	-31.3	0	0
Geostatica	-31.5	0	0
Geostatica	-31.7	0	0
Geostatica	-31.9	0	0
Geostatica	-32.1	0	0
Geostatica	-32.3	0	0
Geostatica	-32.5	0	0
Geostatica	-32.7	0	0
Geostatica	-32.9	0	0
Geostatica	-33.1	0	0
Geostatica	-33.3	0	0
Geostatica	-33.5	0	0
Geostatica	-33.7	0	0
Geostatica	-33.9	0	0
Geostatica	-34.1	0	0
Geostatica	-34.3	0	0
Geostatica	-34.5	0	0
Geostatica	-34.7	0	0
Geostatica	-34.9	0	0
Geostatica	-35.1	0	0
Geostatica	-35.3	0	0
Geostatica	-35.5	0	0
Geostatica	-35.7	0	0
Geostatica	-35.9	0	0
Geostatica	-36	0	0

Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Realizzazione paratia

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Realizzazione paratia	2.7	0	0
Realizzazione paratia	2.5	0	0
Realizzazione paratia	2.3	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Realizzazione paratia	2.1	0	0
Realizzazione paratia	1.9	0	0
Realizzazione paratia	1.7	0	0
Realizzazione paratia	1.5	0	0
Realizzazione paratia	1.3	0	0
Realizzazione paratia	1.1	0	0
Realizzazione paratia	0.9	0	0
Realizzazione paratia	0.7	0	0
Realizzazione paratia	0.5	0	0
Realizzazione paratia	0.3	0	0
Realizzazione paratia	0.1	0	0
Realizzazione paratia	-0.1	0	0
Realizzazione paratia	-0.3	0	0
Realizzazione paratia	-0.5	0	0
Realizzazione paratia	-0.7	0	0
Realizzazione paratia	-0.9	0	0
Realizzazione paratia	-1.1	0	0
Realizzazione paratia	-1.3	0	0
Realizzazione paratia	-1.5	0	0
Realizzazione paratia	-1.7	0	0
Realizzazione paratia	-1.9	0	0
Realizzazione paratia	-2.1	0	0
Realizzazione paratia	-2.3	0	0
Realizzazione paratia	-2.5	0	0
Realizzazione paratia	-2.7	0	0
Realizzazione paratia	-2.9	0	0
Realizzazione paratia	-3.1	0	0
Realizzazione paratia	-3.3	0	0
Realizzazione paratia	-3.5	0	0
Realizzazione paratia	-3.7	0	0
Realizzazione paratia	-3.9	0	0
Realizzazione paratia	-4.1	0	0
Realizzazione paratia	-4.3	0	0
Realizzazione paratia	-4.5	0	0
Realizzazione paratia	-4.7	0	0
Realizzazione paratia	-4.9	0	0
Realizzazione paratia	-5.1	0	0
Realizzazione paratia	-5.3	0	0
Realizzazione paratia	-5.5	0	0
Realizzazione paratia	-5.7	0	0
Realizzazione paratia	-5.9	0	0
Realizzazione paratia	-6.1	0	0
Realizzazione paratia	-6.3	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Realizzazione paratia	-6.5	0	0
Realizzazione paratia	-6.7	0	0
Realizzazione paratia	-6.9	0	0
Realizzazione paratia	-7.1	0	0
Realizzazione paratia	-7.3	0	0
Realizzazione paratia	-7.5	0	0
Realizzazione paratia	-7.7	0	0
Realizzazione paratia	-7.9	0	0
Realizzazione paratia	-8.1	0	0
Realizzazione paratia	-8.3	0	0
Realizzazione paratia	-8.5	0	0
Realizzazione paratia	-8.7	0	0
Realizzazione paratia	-8.9	0	0
Realizzazione paratia	-9.1	0	0
Realizzazione paratia	-9.3	0	0
Realizzazione paratia	-9.5	0	0
Realizzazione paratia	-9.7	0	0
Realizzazione paratia	-9.9	0	0
Realizzazione paratia	-10.1	0	0
Realizzazione paratia	-10.3	0	0
Realizzazione paratia	-10.5	0	0
Realizzazione paratia	-10.7	0	0
Realizzazione paratia	-10.9	0	0
Realizzazione paratia	-11.1	0	0
Realizzazione paratia	-11.3	0	0
Realizzazione paratia	-11.5	0	0
Realizzazione paratia	-11.7	0	0
Realizzazione paratia	-11.9	0	0
Realizzazione paratia	-12.1	0	0
Realizzazione paratia	-12.3	0	0
Realizzazione paratia	-12.5	0	0
Realizzazione paratia	-12.7	0	0
Realizzazione paratia	-12.9	0	0
Realizzazione paratia	-13.1	0	0
Realizzazione paratia	-13.3	0	0
Realizzazione paratia	-13.5	0	0
Realizzazione paratia	-13.7	0	0
Realizzazione paratia	-13.9	0	0
Realizzazione paratia	-14.1	0	0
Realizzazione paratia	-14.3	0	0
Realizzazione paratia	-14.5	0	0
Realizzazione paratia	-14.7	0	0
Realizzazione paratia	-14.9	0	0



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Realizzazione paratia	-15.1	0	0
Realizzazione paratia	-15.3	0	0
Realizzazione paratia	-15.5	0	0
Realizzazione paratia	-15.7	0	0
Realizzazione paratia	-15.9	0	0
Realizzazione paratia	-16.1	0	0
Realizzazione paratia	-16.3	0	0
Realizzazione paratia	-16.5	0	0
Realizzazione paratia	-16.7	0	0
Realizzazione paratia	-16.9	0	0
Realizzazione paratia	-17.1	0	0
Realizzazione paratia	-17.3	0	0
Realizzazione paratia	-17.5	0	0
Realizzazione paratia	-17.7	0	0
Realizzazione paratia	-17.9	0	0
Realizzazione paratia	-18.1	0	0
Realizzazione paratia	-18.3	0	0
Realizzazione paratia	-18.5	0	0
Realizzazione paratia	-18.7	0	0
Realizzazione paratia	-18.9	0	0
Realizzazione paratia	-19.1	0	0
Realizzazione paratia	-19.3	0	0
Realizzazione paratia	-19.5	0	0
Realizzazione paratia	-19.7	0	0
Realizzazione paratia	-19.9	0	0
Realizzazione paratia	-20.1	0	0
Realizzazione paratia	-20.3	0	0
Realizzazione paratia	-20.5	0	0
Realizzazione paratia	-20.7	0	0
Realizzazione paratia	-20.9	0	0
Realizzazione paratia	-21.1	0	0
Realizzazione paratia	-21.3	0	0
Realizzazione paratia	-21.5	0	0
Realizzazione paratia	-21.7	0	0
Realizzazione paratia	-21.9	0	0
Realizzazione paratia	-22.1	0	0
Realizzazione paratia	-22.3	0	0
Realizzazione paratia	-22.5	0	0
Realizzazione paratia	-22.7	0	0
Realizzazione paratia	-22.9	0	0
Realizzazione paratia	-23.1	0	0
Realizzazione paratia	-23.3	0	0
Realizzazione paratia	-23.5	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Realizzazione paratia	-23.7	0	0
Realizzazione paratia	-23.9	0	0
Realizzazione paratia	-24.1	0	0
Realizzazione paratia	-24.3	0	0
Realizzazione paratia	-24.5	0	0
Realizzazione paratia	-24.7	0	0
Realizzazione paratia	-24.9	0	0
Realizzazione paratia	-25.1	0	0
Realizzazione paratia	-25.3	0	0
Realizzazione paratia	-25.5	0	0
Realizzazione paratia	-25.7	0	0
Realizzazione paratia	-25.9	0	0
Realizzazione paratia	-26.1	0	0
Realizzazione paratia	-26.3	0	0
Realizzazione paratia	-26.5	0	0
Realizzazione paratia	-26.7	0	0
Realizzazione paratia	-26.9	0	0
Realizzazione paratia	-27.1	0	0
Realizzazione paratia	-27.3	0	0
Realizzazione paratia	-27.5	0	0
Realizzazione paratia	-27.7	0	0
Realizzazione paratia	-27.9	0	0
Realizzazione paratia	-28.1	0	0
Realizzazione paratia	-28.3	0	0
Realizzazione paratia	-28.5	0	0
Realizzazione paratia	-28.7	0	0
Realizzazione paratia	-28.9	0	0
Realizzazione paratia	-29.1	0	0
Realizzazione paratia	-29.3	0	0
Realizzazione paratia	-29.5	0	0
Realizzazione paratia	-29.7	0	0
Realizzazione paratia	-29.9	0	0
Realizzazione paratia	-30.1	0	0
Realizzazione paratia	-30.3	0	0
Realizzazione paratia	-30.5	0	0
Realizzazione paratia	-30.7	0	0
Realizzazione paratia	-30.9	0	0
Realizzazione paratia	-31.1	0	0
Realizzazione paratia	-31.3	0	0
Realizzazione paratia	-31.5	0	0
Realizzazione paratia	-31.7	0	0
Realizzazione paratia	-31.9	0	0
Realizzazione paratia	-32.1	0	0

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Realizzazione paratia	-32.3	0	0
Realizzazione paratia	-32.5	0	0
Realizzazione paratia	-32.7	0	0
Realizzazione paratia	-32.9	0	0
Realizzazione paratia	-33.1	0	0
Realizzazione paratia	-33.3	0	0
Realizzazione paratia	-33.5	0	0
Realizzazione paratia	-33.7	0	0
Realizzazione paratia	-33.9	0	0
Realizzazione paratia	-34.1	0	0
Realizzazione paratia	-34.3	0	0
Realizzazione paratia	-34.5	0	0
Realizzazione paratia	-34.7	0	0
Realizzazione paratia	-34.9	0	0
Realizzazione paratia	-35.1	0	0
Realizzazione paratia	-35.3	0	0
Realizzazione paratia	-35.5	0	0
Realizzazione paratia	-35.7	0	0
Realizzazione paratia	-35.9	0	0
Realizzazione paratia	-36	0	0

Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Permanente

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Permanente	2.7	0	0
Permanente	2.5	0	0
Permanente	2.5	0	0
Permanente	2.3	0.04	0.21
Permanente	2.1	0.17	0.64
Permanente	1.9	0.43	1.29
Permanente	1.7	0.86	2.14
Permanente	1.5	1.5	3.22
Permanente	1.3	2.4	4.5
Permanente	1.1	3.6	6
Permanente	0.9	5.15	7.72
Permanente	0.7	7.08	9.65
Permanente	0.5	9.43	11.79
Permanente	0.3	12.26	14.15
Permanente	0.1	15.61	16.72
Permanente	-0.1	19.51	19.51
Permanente	-0.3	24.01	22.51
Permanente	-0.5	29.16	25.73
Permanente	-0.7	34.99	29.16

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Permanente	-0.9	41.55	32.8
Permanente	-1.1	48.8	36.26
Permanente	-1.3	56.63	39.14
Permanente	-1.5	64.94	41.57
Permanente	-1.7	73.69	43.71
Permanente	-1.9	82.8	45.56
Permanente	-2.1	92.22	47.12
Permanente	-2.3	101.9	48.38
Permanente	-2.5	111.77	49.35
Permanente	-2.7	121.77	50.03
Permanente	-2.9	131.86	50.41
Permanente	-3.1	141.96	50.5
Permanente	-3.3	152.02	50.3
Permanente	-3.5	161.98	49.81
Permanente	-3.7	171.79	49.02
Permanente	-3.9	181.37	47.94
Permanente	-4.1	190.69	46.57
Permanente	-4.3	199.67	44.91
Permanente	-4.5	208.26	42.95
Permanente	-4.7	216.4	40.7
Permanente	-4.9	224.03	38.16
Permanente	-5.1	231.1	35.32
Permanente	-5.3	237.58	32.4
Permanente	-5.5	243.48	29.53
Permanente	-5.7	248.82	26.71
Permanente	-5.9	253.61	23.92
Permanente	-6.1	257.84	21.16
Permanente	-6.3	261.52	18.42
Permanente	-6.5	264.67	15.7
Permanente	-6.7	267.26	12.99
Permanente	-6.9	269.32	10.28
Permanente	-7.1	270.83	7.56
Permanente	-7.3	271.78	4.75
Permanente	-7.5	272.21	2.17
Permanente	-7.7	272.17	-0.23
Permanente	-7.9	271.68	-2.45
Permanente	-8.1	270.77	-4.54
Permanente	-8.3	269.47	-6.5
Permanente	-8.5	267.79	-8.38
Permanente	-8.7	265.76	-10.18
Permanente	-8.9	263.37	-11.95
Permanente	-9.1	260.63	-13.7
Permanente	-9.3	257.54	-15.45

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Permanente	-9.5	254.09	-17.24
Permanente	-9.7	250.27	-19.09
Permanente	-9.9	246.07	-21.02
Permanente	-10.1	241.46	-23.05
Permanente	-10.3	236.42	-25.21
Permanente	-10.5	230.91	-27.51
Permanente	-10.7	224.92	-29.98
Permanente	-10.9	218.39	-32.62
Permanente	-11.1	211.3	-35.47
Permanente	-11.3	203.59	-38.54
Permanente	-11.5	195.22	-41.86
Permanente	-11.7	186.13	-45.44
Permanente	-11.9	176.27	-49.31
Permanente	-12.1	165.58	-53.48
Permanente	-12.3	153.98	-57.96
Permanente	-12.5	141.42	-62.79
Permanente	-12.7	127.83	-67.97
Permanente	-12.9	113.16	-73.35
Permanente	-13.1	97.38	-78.91
Permanente	-13.3	82.39	-74.94
Permanente	-13.5	68.18	-71.06
Permanente	-13.7	54.73	-67.28
Permanente	-13.9	42.01	-63.6
Permanente	-14.1	30	-60.01
Permanente	-14.3	18.7	-56.53
Permanente	-14.5	8.07	-53.16
Permanente	-14.7	-1.91	-49.88
Permanente	-14.9	-11.25	-46.71
Permanente	-15.1	-19.98	-43.65
Permanente	-15.3	-28.12	-40.68
Permanente	-15.5	-35.68	-37.82
Permanente	-15.7	-42.69	-35.06
Permanente	-15.9	-49.17	-32.4
Permanente	-16.1	-55.14	-29.84
Permanente	-16.3	-60.62	-27.39
Permanente	-16.5	-65.63	-25.03
Permanente	-16.7	-70.18	-22.76
Permanente	-16.9	-74.3	-20.6
Permanente	-17.1	-78	-18.52
Permanente	-17.3	-81.31	-16.54
Permanente	-17.5	-84.24	-14.65
Permanente	-17.7	-86.81	-12.85
Permanente	-17.9	-89.04	-11.14

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Permanente	-18.1	-90.94	-9.51
Permanente	-18.3	-92.53	-7.96
Permanente	-18.5	-93.83	-6.49
Permanente	-18.7	-94.85	-5.11
Permanente	-18.9	-95.61	-3.8
Permanente	-19.1	-96.12	-2.56
Permanente	-19.3	-96.4	-1.4
Permanente	-19.5	-96.46	-0.31
Permanente	-19.7	-96.32	0.72
Permanente	-19.9	-95.99	1.67
Permanente	-20.1	-95.47	2.57
Permanente	-20.3	-94.79	3.4
Permanente	-20.5	-93.96	4.17
Permanente	-20.7	-92.98	4.89
Permanente	-20.9	-91.87	5.55
Permanente	-21.1	-90.64	6.16
Permanente	-21.3	-89.3	6.71
Permanente	-21.5	-87.85	7.22
Permanente	-21.7	-86.32	7.68
Permanente	-21.9	-84.7	8.09
Permanente	-22.1	-83.01	8.47
Permanente	-22.3	-81.25	8.8
Permanente	-22.5	-79.43	9.09
Permanente	-22.7	-77.56	9.34
Permanente	-22.9	-75.65	9.56
Permanente	-23.1	-73.7	9.75
Permanente	-23.3	-71.72	9.9
Permanente	-23.5	-69.72	10.02
Permanente	-23.7	-67.69	10.11
Permanente	-23.9	-65.66	10.18
Permanente	-24.1	-63.61	10.22
Permanente	-24.3	-61.57	10.24
Permanente	-24.5	-59.52	10.23
Permanente	-24.7	-57.48	10.2
Permanente	-24.9	-55.45	10.16
Permanente	-25.1	-53.43	10.09
Permanente	-25.3	-51.43	10.01
Permanente	-25.5	-49.45	9.91
Permanente	-25.7	-47.49	9.79
Permanente	-25.9	-45.55	9.67
Permanente	-26.1	-43.65	9.53
Permanente	-26.3	-41.77	9.37
Permanente	-26.5	-39.93	9.21

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Permanente	-26.7	-38.13	9.04
Permanente	-26.9	-36.35	8.85
Permanente	-27.1	-34.62	8.67
Permanente	-27.3	-32.93	8.47
Permanente	-27.5	-31.27	8.27
Permanente	-27.7	-29.66	8.06
Permanente	-27.9	-28.09	7.84
Permanente	-28.1	-26.57	7.63
Permanente	-28.3	-25.09	7.41
Permanente	-28.5	-23.65	7.18
Permanente	-28.7	-22.26	6.95
Permanente	-28.9	-20.92	6.73
Permanente	-29.1	-19.62	6.5
Permanente	-29.3	-18.36	6.27
Permanente	-29.5	-17.15	6.04
Permanente	-29.7	-15.99	5.81
Permanente	-29.9	-14.88	5.58
Permanente	-30.1	-13.81	5.35
Permanente	-30.3	-12.78	5.13
Permanente	-30.5	-11.8	4.9
Permanente	-30.7	-10.86	4.68
Permanente	-30.9	-9.97	4.46
Permanente	-31.1	-9.12	4.24
Permanente	-31.3	-8.32	4.03
Permanente	-31.5	-7.55	3.82
Permanente	-31.7	-6.83	3.61
Permanente	-31.9	-6.15	3.4
Permanente	-32.1	-5.51	3.2
Permanente	-32.3	-4.91	3
Permanente	-32.5	-4.35	2.8
Permanente	-32.7	-3.83	2.61
Permanente	-32.9	-3.35	2.42
Permanente	-33.1	-2.9	2.24
Permanente	-33.3	-2.48	2.06
Permanente	-33.5	-2.11	1.89
Permanente	-33.7	-1.76	1.72
Permanente	-33.9	-1.45	1.55
Permanente	-34.1	-1.18	1.39
Permanente	-34.3	-0.93	1.23
Permanente	-34.5	-0.72	1.07
Permanente	-34.7	-0.53	0.92
Permanente	-34.9	-0.38	0.78
Permanente	-35.1	-0.25	0.64

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Permanente	-35.3	-0.15	0.5
Permanente	-35.5	-0.07	0.37
Permanente	-35.7	-0.03	0.24
Permanente	-35.9	0	0.12
Permanente	-35.9	0	0.12
Permanente	-36	0	0.03

Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Perm+Svc

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc	2.7	0	0.54
Perm+Svc	2.5	0.11	0.54
Perm+Svc	2.3	0.47	1.82
Perm+Svc	2.1	1.14	3.32
Perm+Svc	1.9	2.14	5.04
Perm+Svc	1.7	3.54	6.97
Perm+Svc	1.5	5.36	9.11
Perm+Svc	1.3	7.65	11.47
Perm+Svc	1.1	10.46	14.04
Perm+Svc	0.9	13.83	16.83
Perm+Svc	0.7	17.8	19.83
Perm+Svc	0.5	22.4	23.05
Perm+Svc	0.3	27.7	26.48
Perm+Svc	0.1	33.73	30.12
Perm+Svc	-0.1	40.52	33.98
Perm+Svc	-0.3	48.13	38.06
Perm+Svc	-0.5	56.6	42.34
Perm+Svc	-0.7	65.97	46.85
Perm+Svc	-0.9	76.28	51.56
Perm+Svc	-1.1	87.5	56.09
Perm+Svc	-1.3	99.51	60.04
Perm+Svc	-1.5	112.22	63.55
Perm+Svc	-1.7	125.57	66.76
Perm+Svc	-1.9	139.51	69.68
Perm+Svc	-2.1	153.97	72.31
Perm+Svc	-2.3	168.9	74.64
Perm+Svc	-2.5	184.24	76.69
Perm+Svc	-2.7	199.92	78.44
Perm+Svc	-2.9	215.9	79.89
Perm+Svc	-3.1	232.11	81.06
Perm+Svc	-3.3	248.5	81.93
Perm+Svc	-3.5	265	82.51
Perm+Svc	-3.7	281.56	82.79



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc	-3.9	298.12	82.78
Perm+Svc	-4.1	314.61	82.48
Perm+Svc	-4.3	330.99	81.89
Perm+Svc	-4.5	347.19	81.01
Perm+Svc	-4.7	363.16	79.83
Perm+Svc	-4.9	378.83	78.36
Perm+Svc	-5.1	394.15	76.59
Perm+Svc	-5.3	409.05	74.54
Perm+Svc	-5.5	423.49	72.19
Perm+Svc	-5.7	437.4	69.54
Perm+Svc	-5.9	450.72	66.61
Perm+Svc	-6.1	463.4	63.38
Perm+Svc	-6.3	475.37	59.86
Perm+Svc	-6.5	486.58	56.05
Perm+Svc	-6.7	496.97	51.94
Perm+Svc	-6.9	506.48	47.54
Perm+Svc	-7.1	515.05	42.85
Perm+Svc	-7.3	522.62	37.86
Perm+Svc	-7.5	529.14	32.59
Perm+Svc	-7.7	534.54	27.02
Perm+Svc	-7.9	538.77	21.15
Perm+Svc	-8.1	541.8	15.18
Perm+Svc	-8.3	543.67	9.35
Perm+Svc	-8.5	544.41	3.66
Perm+Svc	-8.7	544.02	-1.92
Perm+Svc	-8.9	542.54	-7.4
Perm+Svc	-9.1	539.99	-12.78
Perm+Svc	-9.3	536.37	-18.1
Perm+Svc	-9.5	531.69	-23.36
Perm+Svc	-9.7	525.98	-28.58
Perm+Svc	-9.9	519.22	-33.77
Perm+Svc	-10.1	511.43	-38.95
Perm+Svc	-10.3	502.6	-44.14
Perm+Svc	-10.5	492.74	-49.34
Perm+Svc	-10.7	481.82	-54.57
Perm+Svc	-10.9	469.85	-59.85
Perm+Svc	-11.1	456.82	-65.18
Perm+Svc	-11.3	442.7	-70.59
Perm+Svc	-11.5	427.48	-76.08
Perm+Svc	-11.7	411.15	-81.67
Perm+Svc	-11.9	393.67	-87.37
Perm+Svc	-12.1	375.04	-93.19
Perm+Svc	-12.3	355.21	-99.14

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc	-12.5	334.16	-105.24
Perm+Svc	-12.7	311.86	-111.48
Perm+Svc	-12.9	288.29	-117.89
Perm+Svc	-13.1	263.39	-124.47
Perm+Svc	-13.3	239.52	-119.34
Perm+Svc	-13.5	216.67	-114.3
Perm+Svc	-13.7	194.8	-109.33
Perm+Svc	-13.9	173.91	-104.46
Perm+Svc	-14.1	153.97	-99.69
Perm+Svc	-14.3	134.97	-95
Perm+Svc	-14.5	116.88	-90.42
Perm+Svc	-14.7	99.7	-85.94
Perm+Svc	-14.9	83.39	-81.55
Perm+Svc	-15.1	67.93	-77.28
Perm+Svc	-15.3	53.31	-73.11
Perm+Svc	-15.5	39.5	-69.05
Perm+Svc	-15.7	26.48	-65.1
Perm+Svc	-15.9	14.22	-61.27
Perm+Svc	-16.1	2.71	-57.55
Perm+Svc	-16.3	-8.07	-53.94
Perm+Svc	-16.5	-18.16	-50.44
Perm+Svc	-16.7	-27.58	-47.07
Perm+Svc	-16.9	-36.34	-43.8
Perm+Svc	-17.1	-44.47	-40.65
Perm+Svc	-17.3	-51.99	-37.61
Perm+Svc	-17.5	-58.93	-34.69
Perm+Svc	-17.7	-65.3	-31.88
Perm+Svc	-17.9	-71.14	-29.17
Perm+Svc	-18.1	-76.45	-26.58
Perm+Svc	-18.3	-81.27	-24.1
Perm+Svc	-18.5	-85.62	-21.72
Perm+Svc	-18.7	-89.5	-19.44
Perm+Svc	-18.9	-92.96	-17.27
Perm+Svc	-19.1	-96	-15.2
Perm+Svc	-19.3	-98.64	-13.23
Perm+Svc	-19.5	-100.91	-11.35
Perm+Svc	-19.7	-102.83	-9.57
Perm+Svc	-19.9	-104.4	-7.88
Perm+Svc	-20.1	-105.66	-6.29
Perm+Svc	-20.3	-106.62	-4.78
Perm+Svc	-20.5	-107.29	-3.35
Perm+Svc	-20.7	-107.69	-2.01
Perm+Svc	-20.9	-107.84	-0.75

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc	-21.1	-107.75	0.43
Perm+Svc	-21.3	-107.44	1.54
Perm+Svc	-21.5	-106.93	2.57
Perm+Svc	-21.7	-106.22	3.54
Perm+Svc	-21.9	-105.33	4.44
Perm+Svc	-22.1	-104.28	5.27
Perm+Svc	-22.3	-103.07	6.04
Perm+Svc	-22.5	-101.72	6.75
Perm+Svc	-22.7	-100.24	7.41
Perm+Svc	-22.9	-98.64	8
Perm+Svc	-23.1	-96.93	8.55
Perm+Svc	-23.3	-95.12	9.04
Perm+Svc	-23.5	-93.22	9.49
Perm+Svc	-23.7	-91.25	9.88
Perm+Svc	-23.9	-89.2	10.24
Perm+Svc	-24.1	-87.09	10.55
Perm+Svc	-24.3	-84.93	10.82
Perm+Svc	-24.5	-82.72	11.05
Perm+Svc	-24.7	-80.47	11.24
Perm+Svc	-24.9	-78.19	11.4
Perm+Svc	-25.1	-75.88	11.53
Perm+Svc	-25.3	-73.56	11.62
Perm+Svc	-25.5	-71.22	11.69
Perm+Svc	-25.7	-68.88	11.73
Perm+Svc	-25.9	-66.53	11.74
Perm+Svc	-26.1	-64.18	11.72
Perm+Svc	-26.3	-61.85	11.68
Perm+Svc	-26.5	-59.52	11.62
Perm+Svc	-26.7	-57.21	11.54
Perm+Svc	-26.9	-54.92	11.44
Perm+Svc	-27.1	-52.66	11.33
Perm+Svc	-27.3	-50.42	11.19
Perm+Svc	-27.5	-48.21	11.04
Perm+Svc	-27.7	-46.04	10.88
Perm+Svc	-27.9	-43.89	10.7
Perm+Svc	-28.1	-41.79	10.51
Perm+Svc	-28.3	-39.73	10.31
Perm+Svc	-28.5	-37.71	10.1
Perm+Svc	-28.7	-35.73	9.88
Perm+Svc	-28.9	-33.8	9.65
Perm+Svc	-29.1	-31.92	9.42
Perm+Svc	-29.3	-30.08	9.17
Perm+Svc	-29.5	-28.3	8.92

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc	-29.7	-26.56	8.67
Perm+Svc	-29.9	-24.88	8.41
Perm+Svc	-30.1	-23.25	8.14
Perm+Svc	-30.3	-21.68	7.88
Perm+Svc	-30.5	-20.16	7.61
Perm+Svc	-30.7	-18.69	7.33
Perm+Svc	-30.9	-17.28	7.05
Perm+Svc	-31.1	-15.93	6.78
Perm+Svc	-31.3	-14.63	6.5
Perm+Svc	-31.5	-13.38	6.22
Perm+Svc	-31.7	-12.2	5.94
Perm+Svc	-31.9	-11.07	5.65
Perm+Svc	-32.1	-9.99	5.37
Perm+Svc	-32.3	-8.97	5.09
Perm+Svc	-32.5	-8.01	4.81
Perm+Svc	-32.7	-7.11	4.53
Perm+Svc	-32.9	-6.26	4.25
Perm+Svc	-33.1	-5.46	3.97
Perm+Svc	-33.3	-4.72	3.69
Perm+Svc	-33.5	-4.04	3.42
Perm+Svc	-33.7	-3.41	3.14
Perm+Svc	-33.9	-2.84	2.87
Perm+Svc	-34.1	-2.32	2.6
Perm+Svc	-34.3	-1.85	2.33
Perm+Svc	-34.5	-1.44	2.07
Perm+Svc	-34.7	-1.08	1.8
Perm+Svc	-34.9	-0.77	1.54
Perm+Svc	-35.1	-0.51	1.28
Perm+Svc	-35.3	-0.31	1.02
Perm+Svc	-35.5	-0.16	0.76
Perm+Svc	-35.7	-0.06	0.5
Perm+Svc	-35.9	-0.01	0.25
Perm+Svc	-35.9	-0.01	0.25
Perm+Svc	-36	0	0.06

Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Perm+Svc+Imp

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc+Imp	2.7	0	0.54
Perm+Svc+Imp	2.5	0.11	0.54
Perm+Svc+Imp	2.3	0.47	1.82
Perm+Svc+Imp	2.1	1.14	3.32
Perm+Svc+Imp	1.9	2.14	5.04

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc+Imp	1.7	3.54	6.97
Perm+Svc+Imp	1.5	5.36	9.11
Perm+Svc+Imp	1.3	17.25	59.47
Perm+Svc+Imp	1.1	29.66	62.04
Perm+Svc+Imp	0.9	42.63	64.83
Perm+Svc+Imp	0.7	56.2	67.83
Perm+Svc+Imp	0.5	70.4	71.05
Perm+Svc+Imp	0.3	85.3	74.48
Perm+Svc+Imp	0.1	100.93	78.12
Perm+Svc+Imp	-0.1	117.32	81.98
Perm+Svc+Imp	-0.3	134.53	86.06
Perm+Svc+Imp	-0.5	152.6	90.34
Perm+Svc+Imp	-0.7	171.57	94.85
Perm+Svc+Imp	-0.9	191.48	99.56
Perm+Svc+Imp	-1.1	212.3	104.09
Perm+Svc+Imp	-1.3	233.91	108.04
Perm+Svc+Imp	-1.5	256.22	111.55
Perm+Svc+Imp	-1.7	279.17	114.76
Perm+Svc+Imp	-1.9	302.71	117.68
Perm+Svc+Imp	-2.1	326.77	120.31
Perm+Svc+Imp	-2.3	351.3	122.64
Perm+Svc+Imp	-2.5	376.24	124.69
Perm+Svc+Imp	-2.7	401.52	126.44
Perm+Svc+Imp	-2.9	427.1	127.89
Perm+Svc+Imp	-3.1	452.91	129.06
Perm+Svc+Imp	-3.3	478.9	129.93
Perm+Svc+Imp	-3.5	505	130.51
Perm+Svc+Imp	-3.7	531.16	130.79
Perm+Svc+Imp	-3.9	557.32	130.78
Perm+Svc+Imp	-4.1	583.41	130.48
Perm+Svc+Imp	-4.3	609.39	129.89
Perm+Svc+Imp	-4.5	635.19	129.01
Perm+Svc+Imp	-4.7	660.76	127.83
Perm+Svc+Imp	-4.9	686.03	126.36
Perm+Svc+Imp	-5.1	710.95	124.59
Perm+Svc+Imp	-5.3	735.45	122.54
Perm+Svc+Imp	-5.5	759.49	120.19
Perm+Svc+Imp	-5.7	783	117.54
Perm+Svc+Imp	-5.9	805.92	114.61
Perm+Svc+Imp	-6.1	828.2	111.38
Perm+Svc+Imp	-6.3	849.77	107.86
Perm+Svc+Imp	-6.5	870.58	104.05
Perm+Svc+Imp	-6.7	890.57	99.94

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc+Imp	-6.9	909.68	95.54
Perm+Svc+Imp	-7.1	927.85	90.85
Perm+Svc+Imp	-7.3	945.02	85.86
Perm+Svc+Imp	-7.5	961.14	80.59
Perm+Svc+Imp	-7.7	976.14	75.02
Perm+Svc+Imp	-7.9	989.97	69.15
Perm+Svc+Imp	-8.1	1002.57	63
Perm+Svc+Imp	-8.3	1013.88	56.55
Perm+Svc+Imp	-8.5	1023.84	49.81
Perm+Svc+Imp	-8.7	1032.39	42.77
Perm+Svc+Imp	-8.9	1039.48	35.44
Perm+Svc+Imp	-9.1	1045.05	27.82
Perm+Svc+Imp	-9.3	1049.03	19.91
Perm+Svc+Imp	-9.5	1051.37	11.71
Perm+Svc+Imp	-9.7	1052.01	3.21
Perm+Svc+Imp	-9.9	1050.9	-5.58
Perm+Svc+Imp	-10.1	1047.96	-14.67
Perm+Svc+Imp	-10.3	1043.15	-24.04
Perm+Svc+Imp	-10.5	1036.41	-33.71
Perm+Svc+Imp	-10.7	1027.68	-43.68
Perm+Svc+Imp	-10.9	1016.89	-53.93
Perm+Svc+Imp	-11.1	1004	-64.48
Perm+Svc+Imp	-11.3	988.93	-75.32
Perm+Svc+Imp	-11.5	971.64	-86.45
Perm+Svc+Imp	-11.7	952.09	-97.73
Perm+Svc+Imp	-11.9	930.35	-108.71
Perm+Svc+Imp	-12.1	906.47	-119.41
Perm+Svc+Imp	-12.3	880.5	-129.86
Perm+Svc+Imp	-12.5	852.48	-140.09
Perm+Svc+Imp	-12.7	822.45	-150.13
Perm+Svc+Imp	-12.9	790.46	-159.98
Perm+Svc+Imp	-13.1	756.52	-169.69
Perm+Svc+Imp	-13.3	723.15	-166.83
Perm+Svc+Imp	-13.5	690.39	-163.81
Perm+Svc+Imp	-13.7	658.26	-160.66
Perm+Svc+Imp	-13.9	626.78	-157.37
Perm+Svc+Imp	-14.1	595.99	-153.98
Perm+Svc+Imp	-14.3	565.89	-150.5
Perm+Svc+Imp	-14.5	536.5	-146.93
Perm+Svc+Imp	-14.7	507.84	-143.3
Perm+Svc+Imp	-14.9	479.92	-139.61
Perm+Svc+Imp	-15.1	452.75	-135.87
Perm+Svc+Imp	-15.3	426.33	-132.1

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc+Imp	-15.5	400.66	-128.3
Perm+Svc+Imp	-15.7	375.77	-124.48
Perm+Svc+Imp	-15.9	351.64	-120.64
Perm+Svc+Imp	-16.1	328.29	-116.77
Perm+Svc+Imp	-16.3	305.71	-112.89
Perm+Svc+Imp	-16.5	283.91	-109.01
Perm+Svc+Imp	-16.7	262.88	-105.14
Perm+Svc+Imp	-16.9	242.62	-101.29
Perm+Svc+Imp	-17.1	223.13	-97.46
Perm+Svc+Imp	-17.3	204.4	-93.66
Perm+Svc+Imp	-17.5	186.42	-89.89
Perm+Svc+Imp	-17.7	169.18	-86.17
Perm+Svc+Imp	-17.9	152.68	-82.5
Perm+Svc+Imp	-18.1	136.91	-78.87
Perm+Svc+Imp	-18.3	121.85	-75.31
Perm+Svc+Imp	-18.5	107.49	-71.81
Perm+Svc+Imp	-18.7	93.81	-68.37
Perm+Svc+Imp	-18.9	80.81	-64.99
Perm+Svc+Imp	-19.1	68.48	-61.69
Perm+Svc+Imp	-19.3	56.78	-58.47
Perm+Svc+Imp	-19.5	45.72	-55.32
Perm+Svc+Imp	-19.7	35.27	-52.24
Perm+Svc+Imp	-19.9	25.42	-49.25
Perm+Svc+Imp	-20.1	16.15	-46.34
Perm+Svc+Imp	-20.3	7.45	-43.51
Perm+Svc+Imp	-20.5	-0.7	-40.76
Perm+Svc+Imp	-20.7	-8.32	-38.1
Perm+Svc+Imp	-20.9	-15.43	-35.52
Perm+Svc+Imp	-21.1	-22.03	-33.02
Perm+Svc+Imp	-21.3	-28.15	-30.61
Perm+Svc+Imp	-21.5	-33.81	-28.28
Perm+Svc+Imp	-21.7	-39.02	-26.04
Perm+Svc+Imp	-21.9	-43.79	-23.87
Perm+Svc+Imp	-22.1	-48.15	-21.79
Perm+Svc+Imp	-22.3	-52.11	-19.79
Perm+Svc+Imp	-22.5	-55.68	-17.86
Perm+Svc+Imp	-22.7	-58.88	-16.02
Perm+Svc+Imp	-22.9	-61.73	-14.25
Perm+Svc+Imp	-23.1	-64.25	-12.56
Perm+Svc+Imp	-23.3	-66.43	-10.95
Perm+Svc+Imp	-23.5	-68.32	-9.4
Perm+Svc+Imp	-23.7	-69.9	-7.94
Perm+Svc+Imp	-23.9	-71.21	-6.54

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc+Imp	-24.1	-72.25	-5.21
Perm+Svc+Imp	-24.3	-73.04	-3.95
Perm+Svc+Imp	-24.5	-73.59	-2.76
Perm+Svc+Imp	-24.7	-73.92	-1.63
Perm+Svc+Imp	-24.9	-74.03	-0.57
Perm+Svc+Imp	-25.1	-73.95	0.44
Perm+Svc+Imp	-25.3	-73.67	1.38
Perm+Svc+Imp	-25.5	-73.22	2.26
Perm+Svc+Imp	-25.7	-72.6	3.09
Perm+Svc+Imp	-25.9	-71.83	3.86
Perm+Svc+Imp	-26.1	-70.91	4.58
Perm+Svc+Imp	-26.3	-69.87	5.24
Perm+Svc+Imp	-26.5	-68.69	5.86
Perm+Svc+Imp	-26.7	-67.41	6.43
Perm+Svc+Imp	-26.9	-66.02	6.94
Perm+Svc+Imp	-27.1	-64.54	7.42
Perm+Svc+Imp	-27.3	-62.97	7.85
Perm+Svc+Imp	-27.5	-61.32	8.24
Perm+Svc+Imp	-27.7	-59.6	8.58
Perm+Svc+Imp	-27.9	-57.83	8.89
Perm+Svc+Imp	-28.1	-55.99	9.16
Perm+Svc+Imp	-28.3	-54.12	9.39
Perm+Svc+Imp	-28.5	-52.2	9.59
Perm+Svc+Imp	-28.7	-50.25	9.75
Perm+Svc+Imp	-28.9	-48.27	9.88
Perm+Svc+Imp	-29.1	-46.28	9.97
Perm+Svc+Imp	-29.3	-44.27	10.04
Perm+Svc+Imp	-29.5	-42.26	10.08
Perm+Svc+Imp	-29.7	-40.24	10.08
Perm+Svc+Imp	-29.9	-38.23	10.06
Perm+Svc+Imp	-30.1	-36.22	10.02
Perm+Svc+Imp	-30.3	-34.23	9.95
Perm+Svc+Imp	-30.5	-32.26	9.85
Perm+Svc+Imp	-30.7	-30.32	9.73
Perm+Svc+Imp	-30.9	-28.4	9.59
Perm+Svc+Imp	-31.1	-26.51	9.43
Perm+Svc+Imp	-31.3	-24.67	9.24
Perm+Svc+Imp	-31.5	-22.86	9.04
Perm+Svc+Imp	-31.7	-21.09	8.82
Perm+Svc+Imp	-31.9	-19.38	8.58
Perm+Svc+Imp	-32.1	-17.71	8.32
Perm+Svc+Imp	-32.3	-16.1	8.05
Perm+Svc+Imp	-32.5	-14.55	7.76



**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Perm+Svc+Imp	-32.7	-13.06	7.45
Perm+Svc+Imp	-32.9	-11.63	7.13
Perm+Svc+Imp	-33.1	-10.28	6.79
Perm+Svc+Imp	-33.3	-8.99	6.43
Perm+Svc+Imp	-33.5	-7.78	6.06
Perm+Svc+Imp	-33.7	-6.64	5.68
Perm+Svc+Imp	-33.9	-5.58	5.28
Perm+Svc+Imp	-34.1	-4.61	4.87
Perm+Svc+Imp	-34.3	-3.72	4.44
Perm+Svc+Imp	-34.5	-2.92	4
Perm+Svc+Imp	-34.7	-2.21	3.55
Perm+Svc+Imp	-34.9	-1.6	3.08
Perm+Svc+Imp	-35.1	-1.08	2.6
Perm+Svc+Imp	-35.3	-0.66	2.1
Perm+Svc+Imp	-35.5	-0.34	1.6
Perm+Svc+Imp	-35.7	-0.12	1.08
Perm+Svc+Imp	-35.9	-0.01	0.55
Perm+Svc+Imp	-36	0	0.14

Tabella Risultati Paratia Nominal - Stage: Sisma

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Sisma	2.7	0	1.69
Sisma	2.5	0.34	1.69
Sisma	2.3	1.4	5.29
Sisma	2.1	3.22	9.1
Sisma	1.9	5.84	13.12
Sisma	1.7	9.31	17.36
Sisma	1.5	13.68	21.82
Sisma	1.3	41.37	138.49
Sisma	1.1	70.05	143.37
Sisma	0.9	99.74	148.47
Sisma	0.7	130.5	153.78
Sisma	0.5	162.36	159.3
Sisma	0.3	195.37	165.04
Sisma	0.1	229.57	171
Sisma	-0.1	265	177.17
Sisma	-0.3	301.71	183.55
Sisma	-0.5	339.74	190.15
Sisma	-0.7	379.13	196.96
Sisma	-0.9	419.93	203.99
Sisma	-1.1	462.13	211.01
Sisma	-1.3	505.69	217.79

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Sisma	-1.5	550.56	224.34
Sisma	-1.7	596.69	230.66
Sisma	-1.9	644.04	236.74
Sisma	-2.1	692.56	242.59
Sisma	-2.3	742.2	248.21
Sisma	-2.5	792.92	253.59
Sisma	-2.7	844.66	258.74
Sisma	-2.9	897.25	262.93
Sisma	-3.1	950.2	264.77
Sisma	-3.3	1003.48	266.37
Sisma	-3.5	1057.03	267.74
Sisma	-3.7	1110.8	268.87
Sisma	-3.9	1164.75	269.77
Sisma	-4.1	1218.84	270.44
Sisma	-4.3	1273.02	270.87
Sisma	-4.5	1327.23	271.07
Sisma	-4.7	1381.44	271.04
Sisma	-4.9	1435.59	270.77
Sisma	-5.1	1489.65	270.27
Sisma	-5.3	1543.56	269.54
Sisma	-5.5	1597.27	268.57
Sisma	-5.7	1650.74	267.37
Sisma	-5.9	1703.93	265.93
Sisma	-6.1	1756.78	264.26
Sisma	-6.3	1809.26	262.36
Sisma	-6.5	1861.3	260.23
Sisma	-6.7	1912.87	257.86
Sisma	-6.9	1963.92	255.25
Sisma	-7.1	2014.41	252.42
Sisma	-7.3	2064.28	249.35
Sisma	-7.5	2113.48	246.04
Sisma	-7.7	2161.98	242.5
Sisma	-7.9	2209.73	238.73
Sisma	-8.1	2256.68	234.73
Sisma	-8.3	2302.77	230.49
Sisma	-8.5	2347.98	226.02
Sisma	-8.7	2392.24	221.31
Sisma	-8.9	2435.52	216.37
Sisma	-9.1	2477.76	211.2
Sisma	-9.3	2518.91	205.79
Sisma	-9.5	2558.95	200.15
Sisma	-9.7	2597.8	194.28
Sisma	-9.9	2635.44	188.17

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Sisma	-10.1	2671.8	181.83
Sisma	-10.3	2706.87	175.32
Sisma	-10.5	2740.6	168.68
Sisma	-10.7	2772.99	161.93
Sisma	-10.9	2804	155.07
Sisma	-11.1	2833.62	148.08
Sisma	-11.3	2861.82	140.98
Sisma	-11.5	2888.57	133.77
Sisma	-11.7	2913.86	126.43
Sisma	-11.9	2937.65	118.98
Sisma	-12.1	2959.94	111.42
Sisma	-12.3	2980.68	103.73
Sisma	-12.5	2999.87	95.93
Sisma	-12.7	3017.47	88.01
Sisma	-12.9	3033.47	79.98
Sisma	-13.1	3047.83	71.83
Sisma	-13.3	3057.43	47.99
Sisma	-13.5	3062.41	24.92
Sisma	-13.7	3062.93	2.58
Sisma	-13.9	3059.12	-19.04
Sisma	-14.1	3051.13	-39.96
Sisma	-14.3	3039.09	-60.22
Sisma	-14.5	3023.12	-79.83
Sisma	-14.7	3003.36	-98.83
Sisma	-14.9	2979.91	-117.22
Sisma	-15.1	2952.9	-135.05
Sisma	-15.3	2922.44	-152.33
Sisma	-15.5	2888.62	-169.08
Sisma	-15.7	2851.56	-185.29
Sisma	-15.9	2811.37	-200.94
Sisma	-16.1	2768.16	-216.05
Sisma	-16.3	2722	-230.79
Sisma	-16.5	2673.18	-244.14
Sisma	-16.7	2621.94	-256.16
Sisma	-16.9	2568.56	-266.92
Sisma	-17.1	2513.27	-276.47
Sisma	-17.3	2456.29	-284.86
Sisma	-17.5	2397.86	-292.17
Sisma	-17.7	2338.17	-298.43
Sisma	-17.9	2277.43	-303.7
Sisma	-18.1	2215.83	-308.04
Sisma	-18.3	2153.53	-311.49
Sisma	-18.5	2090.7	-314.11

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Sisma	-18.7	2027.52	-315.95
Sisma	-18.9	1964.11	-317.04
Sisma	-19.1	1900.62	-317.44
Sisma	-19.3	1837.18	-317.19
Sisma	-19.5	1773.92	-316.33
Sisma	-19.7	1710.94	-314.9
Sisma	-19.9	1648.36	-312.84
Sisma	-20.1	1586.33	-310.19
Sisma	-20.3	1524.93	-306.99
Sisma	-20.5	1464.28	-303.27
Sisma	-20.7	1404.46	-299.09
Sisma	-20.9	1345.56	-294.48
Sisma	-21.1	1287.66	-289.48
Sisma	-21.3	1230.84	-284.12
Sisma	-21.5	1175.16	-278.42
Sisma	-21.7	1120.67	-272.43
Sisma	-21.9	1067.44	-266.16
Sisma	-22.1	1015.5	-259.7
Sisma	-22.3	964.89	-253.07
Sisma	-22.5	915.62	-246.3
Sisma	-22.7	867.74	-239.41
Sisma	-22.9	821.26	-232.41
Sisma	-23.1	776.19	-225.36
Sisma	-23.3	732.54	-218.25
Sisma	-23.5	690.31	-211.12
Sisma	-23.7	649.52	-203.97
Sisma	-23.9	610.15	-196.83
Sisma	-24.1	572.21	-189.7
Sisma	-24.3	535.69	-182.61
Sisma	-24.5	500.58	-175.55
Sisma	-24.7	466.87	-168.56
Sisma	-24.9	434.55	-161.62
Sisma	-25.1	403.59	-154.77
Sisma	-25.3	373.99	-148
Sisma	-25.5	345.73	-141.32
Sisma	-25.7	318.78	-134.74
Sisma	-25.9	293.12	-128.28
Sisma	-26.1	268.74	-121.93
Sisma	-26.3	245.6	-115.7
Sisma	-26.5	223.68	-109.6
Sisma	-26.7	202.95	-103.64
Sisma	-26.9	183.39	-97.81
Sisma	-27.1	164.96	-92.12

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Sisma	-27.3	147.64	-86.58
Sisma	-27.5	131.41	-81.19
Sisma	-27.7	116.21	-75.95
Sisma	-27.9	102.04	-70.87
Sisma	-28.1	88.85	-65.94
Sisma	-28.3	76.62	-61.17
Sisma	-28.5	65.3	-56.57
Sisma	-28.7	54.88	-52.12
Sisma	-28.9	45.31	-47.83
Sisma	-29.1	36.57	-43.71
Sisma	-29.3	28.62	-39.76
Sisma	-29.5	21.42	-35.97
Sisma	-29.7	14.96	-32.34
Sisma	-29.9	9.18	-28.88
Sisma	-30.1	4.06	-25.59
Sisma	-30.3	-0.43	-22.46
Sisma	-30.5	-4.33	-19.5
Sisma	-30.7	-7.67	-16.7
Sisma	-30.9	-10.48	-14.06
Sisma	-31.1	-12.8	-11.58
Sisma	-31.3	-14.65	-9.26
Sisma	-31.5	-16.07	-7.09
Sisma	-31.7	-17.08	-5.08
Sisma	-31.9	-17.73	-3.23
Sisma	-32.1	-18.03	-1.53
Sisma	-32.3	-18.03	0.02
Sisma	-32.5	-17.75	1.41
Sisma	-32.7	-17.22	2.64
Sisma	-32.9	-16.47	3.72
Sisma	-33.1	-15.54	4.65
Sisma	-33.3	-14.46	5.43
Sisma	-33.5	-13.25	6.05
Sisma	-33.7	-11.94	6.52
Sisma	-33.9	-10.57	6.85
Sisma	-34.1	-9.17	7.02
Sisma	-34.3	-7.76	7.05
Sisma	-34.5	-6.37	6.93
Sisma	-34.7	-5.04	6.66
Sisma	-34.9	-3.79	6.25
Sisma	-35.1	-2.66	5.65
Sisma	-35.3	-1.68	4.88
Sisma	-35.5	-0.9	3.93
Sisma	-35.7	-0.34	2.8

**Costruzione di un nuovo ponte sul fiume Secchia in località Passo dell'Uccellino  
e opere stradali di miglioramento puntuale su via Morello**

**Documento**

**Relazione di calcolo strutturale**

Design Assumption: Nominal Risultati Paratia Muro: LEFT

Stage	Z (m)	Momento (kN*m/m)	Taglio (kN/m)
Sisma	-35.9	-0.04	1.5
Sisma	-36	0	0.39

Riepilogo spinte

Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Riepilogo spinte	Muro: LEFT	Lato LEFT				
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Geostatica	3740.1	6055.3	9795.3	2220	21039	17.78%	1.68
Realizzazione paratia	3740.1	6055.3	9795.3	2220	21039	17.78%	1.68
Permanente	4020.7	6055.3	10075.9	2038.7	19531	20.59%	1.97
Perm+Svc	4193.9	6055.3	10249.2	2038.7	19531	21.47%	2.06
Perm+Svc+Imp	4265.2	6055.3	10320.5	2038.7	19531	21.84%	2.09
Sisma	5460.9	3380.1	8840.9	2913.5	20890.3	26.14%	1.87
Design Assumption: Nominal	Tipo Risultato: Riepilogo spinte	Muro: LEFT	Lato RIGHT				
Stage	Vera effettiva (kN/m)	Pressione neutra (kN/m)	Vera Totale (kN/m)	Min ammissibile (kN/m)	Max ammissibile (kN/m)	Percentuale di resistenza massima	Vera / Attiva
Geostatica	3740.1	6055.3	9795.3	2220	21039	17.78%	1.68
Realizzazione paratia	3740.1	6055.3	9795.3	2220	21039	17.78%	1.68
Permanente	4020.8	6055.3	10076	2857.4	26223	15.33%	1.41
Perm+Svc	4193.9	6055.3	10249.2	3100.7	28170	14.89%	1.35
Perm+Svc+Imp	4217.2	6055.3	10272.5	3100.7	28170	14.97%	1.36
Sisma	5271.4	3380.1	8651.4	3853.9	35032.8	15.05%	1.37