



Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sicilia Occidentale

Porti di Palermo,
Termini Imerese, Trapani,
Porto Empedocle

AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SICILIA OCCIDENTALE

PORTO DI PALERMO - Lavori di completamento per la messa in sicurezza del bacino
di carenaggio 150.000 tpl - 1° lotto funzionale – CUP: I77G19000070007.

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTA E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN PROGETTAZIONE:



via AUSONIA, 58 – 30015 CHIOGGIA (VE) Tel. (041)4967286

Progettista incaricato e coordinatore:
Cirillo Dott. Ing. FONTOLAN

Iscritto all'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI VENEZIA AL N. 2376

Firma: _____

RUP:

Ing. Salvatore Acquista

Progettazione specialistica:



viale LAZIO, 13 – 90144 PALERMO (PA) Tel. 0916251111

Responsabile commessa:
Guglielmo Dott. Ing. MIGLIORINO



viale Vittorio Bottego, 8 – 43121 PARMA (PR) Tel. 05211551982

Responsabile commessa:
Luca Dott. Ing. STRATA



CODICE:

C.0_03.01

OGGETTO: Lotto C - Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione
della nuova strada esterna alle banchine per il collegamento delle aree
assegnate secondo protocollo d'intesa del 28-12-2018

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE STRADALI

SCALA:

DATA: 04-01-2021

Revisione: 00

SPAZIO PER I VISTI:

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sicilia Occidentale

**COMUNE PALERMO
PROVINCIA DI PALERMO**

**LAVORI DI COMPLETAMENTO PER LA MESSA IN
SICUREZZA DEL BACINO DI CARENAGGIO 150.000 TPL
1° LOTTO FUNZIONALE**

**LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la
realizzazione della nuova strada esterna alle banchine per il
collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE STRADALI

INDICE

1	PREMESSA	6
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
3	MATERIALI.....	9
3.1	CALCESTRUZZO CLASSE DI RESISTENZA C35/45 (RCK 45).....	9
3.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C	10
3.3	CAMICIE DEI PALI	10
4	ANALISI DEI CARICHI.....	11
4.1	PESO DELLE SOTTOSTRUTTURE ($G_{1,1}$).....	11
4.2	AZIONI PERMANENTI RELATIVE ALL'IMPALCATO DEL PONTE ($G_{1,2}$)	11
4.3	CARICHI PERMANENTI (G_2).....	11
4.4	CARICHI MOBILI (Q_1).....	12
4.5	GRUPPI DI CARICO DA TRAFFICO.....	13
4.6	FRENATURA (Q_3).....	13
4.7	AZIONE CENTRIFUGA (Q_4)	14
4.8	AZIONE DEL VENTO (Q_5)	14
4.9	AZIONI SIMICHE (Q_6).....	15
4.9.1	<i>Spettri di progetto</i>	16
4.10	VARIAZIONI TERMICHE (ϵ_3)	18
4.11	RESISTENZE PARASSITE DEI VINCOLI (Q_9)	19
4.12	AZIONI ECCEZIONALI (URTO DA TRAFFICO VEICOLARE).....	19
4.13	COMBINAZIONI DI CARICO	19
5	ANALISI STRUTTURALE DELL'IMPALCATO.....	23
5.1	METODO DI CALCOLO	23
5.2	PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO.....	24
5.3	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO SULLA LORO ACCETTABILITÀ.....	24
5.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO.....	25
5.5	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE	36
5.6	SOLLECITAZIONI DI PROGETTO	40
5.6.1	<i>Pali e travi</i>	40
5.6.2	<i>Solette</i>	44
5.7	VERIFICHE DI RESISTENZA	46
5.7.1	<i>Casseri prefabbricati</i>	46
5.7.2	<i>Travi longitudinali</i>	50
5.7.2.1	<i>Flessione</i>	51
5.7.2.2	<i>Taglio</i>	52
5.7.3	<i>Solette</i>	53

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

5.7.3.1	<i>Flessione</i>	53
5.7.3.2	<i>Taglio</i>	58
5.7.4	<i>Pali</i>	59
5.7.4.1	<i>Pressoflessione</i>	60
5.7.4.2	<i>Taglio</i>	62
6	DIMENSIONAMENTO DEI GIUNTI E DELLA CORSA DEGLI	
APPOGGI	65	
7	SPOSTAMENTI IN DIREZIONE TRASVERSALE	66
8	VERIFICA A CARICO LIMITE DEI PALI.....	67
8.1	VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE	67
8.1.1	<i>Determinazione del carico limite verticale</i>	67
8.1.2	<i>Criteri di verifica previste ai sensi delle NTC2018</i>	69
8.1.3	<i>Azioni di progetto</i>	71
8.1.4	<i>Risultati</i>	73
8.1.4.1	<i>Spalla A</i>	73
8.1.4.2	<i>Spalla B</i>	75
8.1.4.3	<i>Pila Centrale</i>	77
8.1.4.4	<i>Impalcato 1</i>	79
8.1.4.5	<i>Impalcato 2</i>	81
8.2	VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE.....	83
8.2.1	<i>Determinazione del carico limite orizzontale</i>	83
8.2.2	<i>Criteri di verifica previste ai sensi delle NTC2018</i>	84
8.2.3	<i>Azioni di progetto</i>	85
8.2.4	<i>Risultati</i>	86
8.2.4.1	<i>Spalla A</i>	88
8.2.4.2	<i>Spalla B</i>	89
8.2.4.3	<i>Pila Centrale</i>	90
8.2.4.4	<i>Impalcato 1</i>	90
8.2.4.5	<i>Impalcato 2</i>	91
9	VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DEI PALI.....	93
9.1	SPOSTAMENTI VERTICALI DEI PALI IN GRUPPO	93
9.1.1	<i>Spalla A</i>	94
9.1.2	<i>Spalla B</i>	94
9.1.3	<i>Pila Centrale</i>	95
9.1.4	<i>Impalcato 1/2</i>	95
10	VERIFICA DELLE OPERE DI PROTEZIONE SOTTOSTRUTTURE	
DEL PONTE	97	

10.1	SOFTWARE DI CALCOLO UTILIZZATO	97
10.2	MODELLO ED IPOTESI DI CALCOLO	98
10.3	STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	102
10.4	AZIONI DI PROGETTO	103
10.5	RISULTATI	104
10.5.1	Verifiche strutturali dei pali.....	104
10.5.2	Verifiche strutturali della trave di coronamento.....	107

ALLEGATO 1- SOLLECITAZIONI PALI IN CORRISPONDENZA DEL

FONDALE 108

Indice delle Figure

Figura 1:	Planimetria dell'intervento	6
Figura 2	Schema dei carichi mobili.....	12
Figura 3:	Configurazione carreggiata.....	12
Figura 4:	Spettri di risposta allo SLV.....	18
Figura 5:	Schema di molle elastoplastiche orizzontali: sezione verticale e sezione orizzontale.	27
Figura 6:	Schema di molle elastoplastiche verticali	28
Figura 7:	Vista 3D unifilare del modello di calcolo	29
Figura 8:	Vista 3D estrusa del modello di calcolo	29
Figura 9:	Applicazione del carico trasmesso dal ponte	30
Figura 10:	Applicazione dell'azione di frenatura sul ponte e sulle sottostrutture	30
Figura 11:	Applicazione dell'azione di frenatura degli impalcati 1 e 2	31
Figura 12:	Applicazione dell'azione centrifuga	31
Figura 13:	Applicazione dell'azione del vento sull'impalcato e sulle sottostrutture	32
Figura 14:	Applicazione dell'azione del vento sugli impalcati 1 e 2	32
Figura 15:	Applicazione dell'azione del vento sui carichi mobili del ponte e delle sottostrutture	33
Figura 16:	Applicazione dell'azione del vento sui carichi mobili degli impalcati 1 e 2	33
Figura 17:	Applicazione dell'azione termica uniforme sugli elementi frame	34
Figura 18:	Applicazione dell'azione termica uniforme sugli elementi shell.....	34
Figura 19:	Applicazione dell'azione del gradiente termico	34
Figura 20:	Applicazione dell'azione dovuta alla resistenza parassita dei vincoli	35
Figura 21:	1° Modo Traslazionale X delle sottostrutture – modo 1 - T = 1.01 s	37
Figura 22:	1° Modo Traslazionale Y delle sottostrutture – modo 3 - T=0.824 s	38
Figura 23:	1° Modo Traslazionale X degli impalcati 1 e 2 – modo 10 - T = 0.641 s.....	38
Figura 24:	1° Modo Traslazionale Y degli impalcati 1 e 2 – modo 2 - T=0.836 s.....	39

Figura 25: Diagramma di involuppo dello sforzo assiale N (kN) allo SLU/SLV	40
Figura 26: Diagramma di involuppo del momento flettente trasversale M22 (kN m) allo SLU/SLV 41	
Figura 27: Diagramma di involuppo del momento flettente longitudinale M33 (kN m) allo SLU/SLV 41	
Figura 28: Diagramma di involuppo del taglio longitudinale V22 (kN) allo SLU/SLV.....	42
Figura 29: Diagramma di involuppo del taglio trasversale V33 (kN) allo SLU/SLV.....	42
Figura 30: Diagramma di involuppo dello sforzo assiale N (kN) allo SLE-Rara	43
Figura 31: Diagramma di involuppo del momento flettente trasversale M22 (kN m) allo SLE-Rara 43	
Figura 32: Diagramma di involuppo del momento flettente longitudinale M33 (kN m) allo SLE- Rara 44	
Figura 33: Diagramma di involuppo del momento flettente longitudinale M11 (kN m) allo SLU/SLV 44	
Figura 34: Diagramma di involuppo del momento flettente trasversale M22 (kN m) allo SLU/SLV 45	
Figura 35: Diagramma di involuppo del taglio trasversale V12 (kN) allo SLU/SLV.....	45
Figura 36: Diagramma di involuppo del taglio longitudinale V23 (kN) allo SLU/SLV.....	45
Figura 37 – Abaco di Berezantzev per pali di grande diametro	68
Figura 38 - Modello di calcolo – Sezione	99
Figura 39 - Modello di calcolo – Prospetto	100
Figura 40 - Legame costitutivo del terreno	101
Figura 41 - Modello di calcolo - profilo.....	102
Figura 42 – Prospetto 4.4 – Estratto da Eurocodice 1 – Parte 2-7	103
Figura 43 – Azione di progetto.....	104
Figura 44 – Diagrammi delle sollecitazioni	105
Figura 45 – Diagramma delle pressioni [kPa].....	105
Figura 46 – Verifiche di resistenza strutturale	106
Figura 47 - Schema per il calcolo delle armature del cordolo di testa	107
Figura 48 - Verifiche di resistenza del cordolo in c.a.....	107

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione sono i calcoli e le verifiche strutturali e geotecniche degli impalcati in c.a. del pontile e delle sue sottostrutture, nonché delle sottostrutture del ponte levatoio. Per quanto concerne invece i calcoli relativi al ponte levatoio si rimanda alla Relazione di calcolo del ponte.

Le verifiche sono state condotte secondo i criteri indicati dal D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e relativa Circolare Ministeriale n.7 del 21.01.2019.

Per la descrizione delle opere in progetto si rimanda all’elaborato *C.I_01.01 - Relazione Generale*.

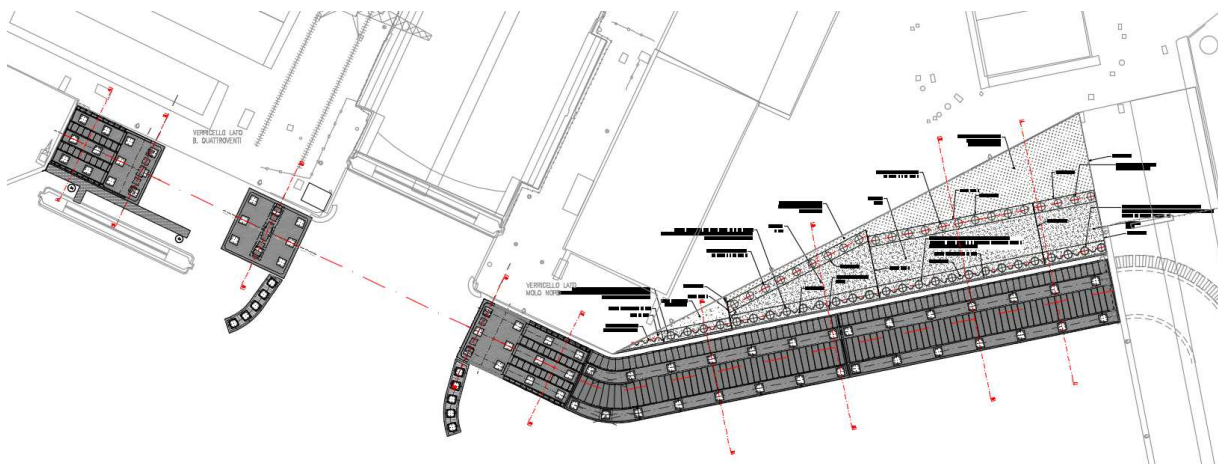


Figura 1: Planimetria dell'intervento

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le analisi strutturali e le relative verifiche sono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite secondo le disposizioni normative della vigente normativa italiana e di quella europea (Eurocodici).

- D.M. 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” - NTC18
- Circ.Min. n.7 del 21.01.2019: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”»
- D.M. 31 luglio 2012: Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l’applicazione degli Eurocodici
- UNI EN 1990 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1997 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica
- UNI EN 1998 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- O.P. Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e succ. agg.: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Circolare Min. LL.PP. n. 11951 14/02/1974: Istruzioni per l’applicazione delle “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.”
- Legge del 02/02/1974, n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Legge del 05/11/1971, n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

- Servizio Tecnico Centrale presso la Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, settembre 2017 – “Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale”
- CNR 10024/86 – “Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione della relazioni di calcolo”

3 MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione delle opere strutturali sono sinteticamente riportate di seguito.

3.1 Calcestruzzo classe di resistenza C35/45 (Rck 45)

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo:

- $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$
- $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa}$
- $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa}$
- **$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}$**

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo:

- $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa}$
- $f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa}$
- $f_{cfm} = 1,2 \times f_{ctm} = 4,02 \text{ MPa}$
- **$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}$**

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo:

- $f_{bk} = 2,25 \times \eta \times f_{ctk} = 5,29 \text{ MPa}$
- $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,53 \text{ Mpa}$

Modulo di elasticità, coeff. di Poisson, coeff. dilatazione termica:

- $E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$
- $\nu_{clsfess.} = 0$
- $\nu_{cls non fess.} = 0,2$
- $\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio:

- $\sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica
- $\sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa}$ per combinazione quasi permanente

Pesi di volume:

- $\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo armato
- $\gamma_{cls} = 24,00 \text{ kN/m}^3$ calcestruzzo non armato

Altre caratteristiche cemento armato:

- Classe di esposizione XS3
- Rapporto A/C <0,45
- Diametro massimo inerte per i pali: 32 mm;
- Diametro massimo inerte per prefabbricati e per getti in opera: 25 mm;
- Copriferro pali 6 cm;
- Copriferro prefabbricati e getti in opera 5 cm

3.2 Acciaio per cemento armato B450C

Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

- $f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$
- $f_{knom} = 540 \text{ MPa}$

Resistenza di calcolo dell'acciaio

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio:

- $\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ per combinazione caratteristica

Valore massimo di apertura delle fessure:

- $w_1 = 0,20 \text{ mm}$ per condizioni ambientali molto aggressive (classe di esposizione XS3)

3.3 Camicie dei pali

Acciaio S355 JR (EN 10025)

4 ANALISI DEI CARICHI

4.1 Peso delle sottostrutture (g_{1,1})

Il peso degli elementi strutturali costituenti le sottostrutture è stato valutato tenendo conto delle dimensioni geometriche reali e di un peso specifico di 25 kN/m³.

4.2 Azioni permanenti relative all'impalcato del ponte (g_{1,2})

Le azioni permanenti trasmesse dall'impalcato del ponte attraverso gli apparecchi d'appoggio sono desunte dalla relativa relazione di calcolo. Si riporta di seguito la tabella di riferimento:

		Abt (A)									
support	15		16		17	18		19			
stage	vert kN	long kN	vert kN	long kN	trasv kN	vert kN	long kN	vert kN	long kN	vert kN	long kN
mooring span erection	100	1.0	90	-1.0	0.0	90	-1.0	100	1.0		
ballast application	1608	5.9	1879	-5.9	0.0	1879	-5.9	1608	5.9		
moving span erection	1608	5.9	1879	-5.9	0.0	1879	-5.9	1608	5.9		
top hinge install	1596	5.6	1869	-5.6	0.0	1869	-5.6	1596	5.6		
SDL application	1624	6.0	1873	-5.7	-0.4	1876	-5.9	1624	5.6		

		Pier(1)						
support	10	101	11	12	13	131	14	
stage	vert kN	vert kN	vert kN	trasv kN	vert kN	vert kN	vert kN	vert kN
mooring span erection	130	130	130	0.0	130	130	130	130
ballast application	1307	1307	1307	0.0	1307	1307	1307	1307
moving span erection	1307	1307	1307	0.0	1307	1307	1307	1307
top hinge install	1553	1553	1553	0.0	1553	1553	1553	1553
SDL application	1690	1690	1690	0.7	1690	1679	1690	1690

		Abt (B)				
support	1	2	3	4	5	
stage	vert kN	vert kN	trasv kN	vert kN	vert kN	vert kN
mooring span erection	0	0	0	0	0	0
ballast application	0	0	0	0	0	0
moving span erection	199	210	0	210	199	199
top hinge install	205	216	0	216	205	205
SDL application	281	270	0	272	265	265

4.3 Carichi permanenti (g₂)

I carichi permanenti portati considerati sono i seguenti:

- Asfalto $g_2^I = 1.10 \text{ kN/m}^2$
- Barriere di sicurezza $g_2^{II} = 2 \times 3.50 \text{ kN/m} / 10 \text{ m} = 0.70 \text{ kN/m}$
- Parapetto pedonale $g_2^V = 0.70 \text{ kN/m} / 10 \text{ m} = 0.07 \text{ kN/m}$

Tuttavia, per analogia con l'impalcato del ponte, che è stato progettato per il transito di 3 corsie di carico, tenendo conto dell'eventualità della rimozione del New Jersey di separazione dal marciapiede, per l'intera viabilità saranno considerate 3 corsie di carico.

4.5 Gruppi di carico da traffico

Si considerano due gruppi di carico fra quelli definiti dal DM 17/01/2018 in tabella 5.1.IV:

- Gruppo 1 carico verticale al valore caratteristico
- Gruppo 2a: carico verticale al valore frequente ($\psi_1=0.75$ per carico tandem e $\psi_1=0.40$ per carichi distribuiti) e frenatura al valore caratteristico
- Gruppo 2b: carico verticale al valore frequente ($\psi_1=0.75$ per carico tandem e $\psi_1=0.40$ per carichi distribuiti) e forza centrifuga al valore caratteristico

4.6 Frenatura (q_3)

Il carico orizzontale corrispondente alla frenatura dei mezzi in transito, dal punto 5.1.3.5 del DM 17/01/2018 per ponti di I categoria, si calcola come segue:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0.6 \times 2Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L \leq 900 \text{ kN}$$

essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata.

Per quanto riguarda il ponte, essendo $L = (22.30+37.30) = 59.6$ m la lunghezza totale della soletta del ponte, si ha:

$$q_3 = 0.6 \times 2Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L = 521 \text{ kN}$$

Tuttavia, a favore di sicurezza, viene considerata un'azione di frenatura relativa all'impalcato pari a 900 kN. Tale azione si scarica interamente sulla Spalla A.

Sulla Spalla B viene applicata l'azione di frenatura, calcolata assumendo $L=17$ m:

$$q_3 = 0.6 \times 2Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L = 406 \text{ kN}$$

Per quanto riguarda il pontile, in funzione della lunghezza dei moduli di pontile, si ha:

$$\text{Modulo 3: } q_3 = 0.6 \times 2Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L = 479 \text{ kN}$$

$$\text{Modulo 4: } q_3 = 0.6 \times 2Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L = 486 \text{ kN}$$

4.7 Azione centrifuga (q_4)

Il tracciato è in rettilineo, a meno della parte del Modulo 3 più prossima al ponte; qui l'azione centrifuga viene assunta pari al massimo valore, pari a $0.2 \Sigma 2Q_{ik}$, essendo $Q_v = \Sigma 2Q_{ik}$ il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte, e pertanto:

$$q_4 = 240 \text{ kN}$$

Il carico concentrato q_4 , applicato a livello di pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

4.8 Azione del vento (q_5)

Il manufatto in oggetto è in zona 4, classe di rugosità D, categoria di esposizione del sito I (§ 3.3 - DM 17/01/18), e si ha quindi:

$$v_b = v_{b0} = 28 \text{ m/s}; \quad q_b = 490 \text{ kPa}$$

$$c_p = 1.4 \quad ; \quad c_d = 1; \quad c_t = 1$$

$$k_r = 0.17; \quad z_0 = 0.01 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 2 \text{ m}$$

In base a tali parametri ed alla quota z sul piano campagna, è possibile calcolare il coefficiente di esposizione e quindi la pressione del vento:

$$c_e = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{con } z = z_{\text{medio}} = 4.5 \text{ m s.l.m.}$$

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

Il massimo valore così calcolato per la costruzione è pari a 1.59 kN/m^2 .

Tale azione è assimilata a un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente agli elementi esposti.

La superficie dei carichi transitanti esposta al vento è assimilata ad una parete continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

4.9 Azioni sismiche (q6)

Le azioni sismiche sono definite sulla base dello spettro elastico $S_e(T)$ del D.M.17 gennaio 2018 assumendo i valori di scuotimento $a(g)$ desunti dalle mappe interattive di pericolosità sismica per la zona in esame, avente coordinate geografiche:

longitudine 13.36089 latitudine 38.13720

Risulta:

$V_N = 50$ anni (par. 2.4.1 DM18);

Classe d'uso di riferimento: Classe IV (par. 2.4.2 del DM18)

Il periodo di riferimento per l'azione sismica risulta:

$V_R = V_N C_U = 100$ anni, con $C_U = 2.0$ per strutture di classe d'uso IV (par. 2.4.3 DM18).

Si assume inoltre:

categoria di sottosuolo C;

categoria topografica T1.

La verifica viene effettuata per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) come stato limite ultimo, a cui è associata la probabilità di superamento P_{VR} ed i relativi tempi di ritorno T_R :

SLV $P_{VR} = 10\%$ $T_R = 949$ anni

I parametri spettrali di seguito elencati si ricavano tramite interpolazione sulle coordinate del Comune di Palermo.

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	S_s	C_C	S_T
SLD	101	0.086	2.321	0.266	1.500	1.626	1.000
SLV	949	0.219	2.413	0.304	1.383	1.555	1.000

Spettro di risposta elastico – componente orizzontale

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Spettro di risposta elastico – componente verticale

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_V$$

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

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

con: $F_V = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$ e $\eta = 1/q$ $T_B = 0.144$ s $T_C = 0.431$ s $T_D = 2.243$ s

4.9.1 Spettri di progetto

Gli spettri di risposta per le tre componenti del moto relativi agli stati limite considerati, sono calcolati come mostrato di seguito, progettando la struttura con classe di duttilità CD “A”:

SPETTRO ORIZZONTALE		STATO LIMITE		
		SLD	SLV	
periodo di ritorno	T_R	101	949	[anni]
accelerazione del sito	a_g	0.086	0.219	[g]
amplificazione spettrale	F_0	2.321	2.413	
periodo inizio vel. cost.	T_C^*	0.266	0.304	sec
effetto sottosuolo	C_C	1.626	1.555	
amplif. stratigrafica	S_S	1.500	1.383	
amplif. Topografica	S_T	1.000	1.000	
coeff. geotecnico	$S = S_S \cdot S_T$	1.500	1.383	
fattore di comportamento	q	1.500	2.800	
	$T_B = T_C/3$	0.144	0.158	sec
	$T_C = C_C T_C^*$	0.432	0.473	sec
	$T_D = 4.0 a_g/g + 1.6$	1.945	2.475	sec

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

SPETTRO VERTICALE		STATO LIMITE		
		SLD	SLV	
amplificazione spettrale	F_v	0.920	1.524	
amplif. stratigrafica	S_s	1.000	1.000	
amplif. Topografica	S_T	1.000	1.000	
coeff. geotecnico	$S = S_s \cdot S_T$	1.000	1.000	
fattore di comportamento	q	1.000	1.000	
	T_B	0.050	0.050	sec
	T_C	0.150	0.150	sec
	T_D	1.000	1.000	sec

Il fattore di comportamento assunto per lo SLV è stato calcolato come $q = q_0 K_R$,

dove:

- $q_0 = 3.5 \lambda$, secondo la tabella 7.3.II delle NTC 2018, essendo nel caso specifico $\lambda=1$;
- $K_R = 0$, avendo considerato la struttura, a favore di sicurezza, non regolare in altezza.

	ORIZZONTALE		VERTICALE	
	T[s]	Se[g]	T[s]	Se[g]
	0.000	0.303	0.000	0.138
	0.158	0.261	0.050	0.333
	0.473	0.261	0.150	0.333
	0.568	0.217	0.235	0.213
	0.664	0.186	0.320	0.156
	0.759	0.163	0.405	0.124
	0.854	0.144	0.490	0.102
	0.950	0.130	0.575	0.087
	1.045	0.118	0.660	0.076
	1.140	0.108	0.745	0.067
	1.236	0.100	0.830	0.060
	1.331	0.093	0.915	0.055
	1.426	0.086	1.000	0.050
	1.522	0.081	1.094	0.042
	1.617	0.076	1.188	0.035
	1.712	0.072	1.281	0.030
	1.808	0.068	1.375	0.026
	1.903	0.065	1.469	0.023
	1.999	0.062	1.563	0.020
	2.094	0.059	1.656	0.018
	2.189	0.056	1.750	0.016
	2.285	0.054	1.844	0.015
	2.380	0.052	1.938	0.013
	2.475	0.050	2.031	0.012
	2.548	0.047	2.125	0.011
	2.621	0.044	2.219	0.010
	2.693	0.044	2.313	0.009
	2.766	0.044	2.406	0.009
	2.838	0.044	2.500	0.008
	2.911	0.044	2.594	0.007
	2.984	0.044	2.688	0.007
	3.056	0.044	2.781	0.006
	3.129	0.044	2.875	0.006
	3.201	0.044	2.969	0.006
	3.274	0.044	3.063	0.005

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

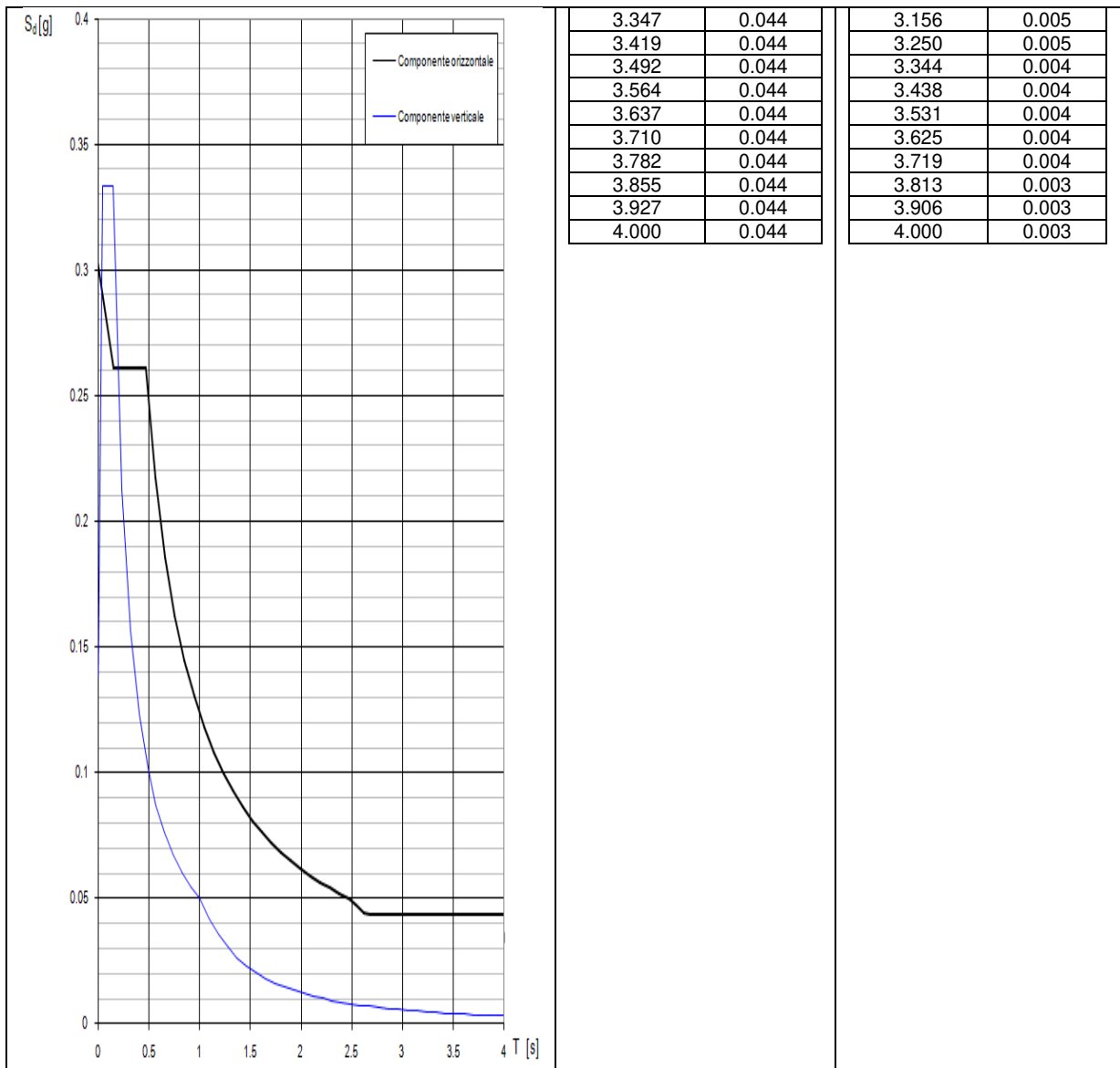


Figura 4: Spettri di risposta allo SLV

4.10 Variazioni termiche (ϵ_s)

Si applica una variazione di temperatura uniforme pari a $\Delta T = \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ (§3.5 di NTC18); la variazione termica uniforme (globale) non genera sollecitazioni nelle strutture, quindi viene considerata solo per considerazioni sulla dimensione dei giunti.

Si considera inoltre un gradiente di temperatura di $\pm 10^\circ\text{C}$ (differenza di temperatura) tra estradosso e intradosso dell’impalcato (soletta calda o fredda a seconda che generi le massime sollecitazioni in qualunque combinazione di carico).

4.11 Resistenze parassite dei vincoli (q₉)

L'impalcato del ponte è appoggiato su ritegni non di produzione industriale; le caratteristiche di attrito parassita dei vincoli saranno valutate sulla base delle effettive lavorazioni meccaniche previste per gli apparecchi in una fase di progettazione più avanzata con la prescrizione di limitare l'azione attritiva al 5% di quella verticale concomitante.

4.12 Azioni eccezionali (urto da traffico veicolare)

Il progetto prevede la realizzazione di n°2 opere di protezione, in corrispondenza della pila centrale e della spalla B, per la protezione da urti eccezionali dovuti all'ingresso/uscita delle navi dal bacino di carenaggio.

È prevista inoltre l'installazione di un impianto semaforico per inibire l'accesso alla nuova struttura viaria ai fruitori del porto durante le operazioni di transito e/o manovra delle navi da diporto nello specchio acqueo antistante, nonché durante le manovre della barca porta e l'ingresso/uscita delle navi dal bacino di carenaggio.

Per le ragioni di cui sopra, non sono stati considerati urti eccezionali sul ponte mobile e sulla struttura a giorno su pali della viabilità di progetto.

4.13 Combinazioni di carico

La combinazione fondamentale, utilizzata per lo SLU, così come definita al punto 2.5.3 delle NTC, prevede:

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi}\psi_{0i}Q_{ki}$$

dove:

- G_1 è il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali;
- G_2 è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione (se presenti);

- A_d è il valore delle azioni eccezionali;
- Q_{k1} è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante;
- Q_{ki} è il valore caratteristico della i -esima azione variabile che agisce contemporaneamente a quella dominante.

Secondo la Tab. 5.1.V e la Tab. 5.1.VI del DM18:

- $\gamma_{G1} = 1,35$ è il coefficiente parziale relativo alle azioni permanenti strutturali;
- $\gamma_{G2} = 1,5$ è il coefficiente parziale relativo alle azioni permanenti non strutturali;
- $\gamma_Q = 1,35$ è il coefficiente parziale relativo alle azioni variabili da traffico;
- $\gamma_{Qi} = 1,5$ è il coefficiente parziale relativo alle azioni variabili non da traffico;
- ψ_{0i} è il coefficiente di combinazione che tiene conto di azioni variabili concomitanti, pari a:
 - 0.75 per i carichi tandem;
 - 0.40 per i carichi distribuiti;
 - 0.60 per il vento
 - 0.60 per la termica.

Per le combinazioni sismiche si pongono pari a 1 i coefficienti parziali delle azioni, mentre si annullano i coefficienti di combinazione, ad eccezione di quello relativo alla termica, pari a 0,5 (ψ_{2i}).

Le combinazioni statiche allo SLU sono le seguenti:

Combinazioni	Pesi propri e permanenti	Azioni da traffico: carichi tandem	Azioni da traffico: carichi distribuiti	Frenatura	Centrifuga	Vento	Termica	Resistenze parassite dei vincoli
SLU 01	1.35	1.00x1.35	1.00x1.35	-	-	0.60x1.50	0.60x1.50	0.60x1.50
SLU 02a	1.35	0.75x1.35	0.40x1.35	1.35	-	0.60x1.50	0.60x1.50	0.60x1.50
SLU 02b	1.35	0.75x1.35	0.40x1.35	-	1.35	0.60x1.50	0.60x1.50	0.60x1.50
SLU 03	1.35	0.75x1.35	0.40x1.35	-	-	1.00x1.50	0.60x1.50	0.60x1.50
SLU 04	1.35	0.75x1.35	0.40x1.35	-	-	0.60x1.50	1.00x1.50	1.00x1.50

Tabella 1 – Combinazioni SLU – Coefficienti parziali e coefficienti di combinazione

Le combinazioni sismiche allo SLU sono le seguenti:

Combinazioni	Pesi propri e permanenti	Azioni da traffico: carichi tandem	Azioni da traffico: carichi distribuiti	Frenatura	Centrifuga	Vento	Termica	Resistenze parassite dei vincoli	Sisma longitudinale SLV	Sisma trasversale SLV	Sisma verticale SLV
SLV 01	1.00	-	-	-	-	-	0.50	1.00	1.00	0.30	0.30
SLV 02	1.00	-	-	-	-	-	0.50	1.00	0.30	1.00	0.30
SLV 03	1.00	-	-	-	-	-	0.50	1.00	0.30	0.30	1.00

Tabella 2 – Combinazioni SLV – Coefficienti di combinazione

Le combinazioni statiche allo SLE sono le seguenti:

Combinazioni	Pesi propri e permanenti	Azioni da traffico: carichi tandem	Azioni da traffico: carichi distribuiti	Frenatura	Centrifuga	Vento	Termica	Resistenze parassite dei vincoli
SLE-RARA-01	1.00	1.00	1.00	-	-	0.60	0.60	0.60
SLE-RARA-02a	1.00	0.75	0.40	1.00	-	0.60	0.60	0.60
SLE-RARA-02b	1.00	0.75	0.40	-	1.00	0.60	0.60	0.60
SLE-RARA-03	1.00	0.75	0.40	-	-	1.00	0.60	0.60
SLE-RARA-04	1.00	0.75	0.40	-	-	0.60	1.00	1.00
SLE-FREQ-01a	1.00	0.75	0.40	1.00	-	-	0.50	0.50
SLE-FREQ-01b	1.00	0.75	0.40	-	1.00	-	0.50	0.50
SLE-FREQ-02	1.00	-	-	-	-	0.20	0.50	0.50
SLE-FREQ-03	1.00	-	-	-	-	-	0.60	0.60
SLE-QPERM-01	1.00	-	-	-	-	-	0.50	0.50

Tabella 3 – Combinazioni SLE – Coefficienti di combinazione

Le combinazioni sismiche allo SLD sono le seguenti:

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

Combinazioni	Pesi propri e permanenti	Azioni da traffico: carichi tandem	Azioni da traffico: carichi distribuiti	Frenatura	Centrifuga	Vento	Termica	Resistenze parassite dei vincoli	Sisma longitudinale SLD	Sisma trasversale SLD	Sisma verticale SLD
SLD 01	1.00	-	-	-	-	-	0.50	1.00	1.00	0.30	0.30
SLD 02	1.00	-	-	-	-	-	0.50	1.00	0.30	1.00	0.30
SLD 03	1.00	-	-	-	-	-	0.50	1.00	0.30	0.30	1.00

Tabella 4 – Combinazioni SLD – Coefficienti di combinazione

5 ANALISI STRUTTURALE DELL'IMPALCATO

5.1 Metodo di calcolo

Le analisi strutturali sono state condotte:

- con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto dai carichi statici;
- con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale è stata effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$K * u = F$$

dove

K = matrice di rigidezza

u = vettore spostamenti nodali

F = vettore forze nodali.

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

5.2 Programma di calcolo utilizzato

Il programma di calcolo utilizzato è il SAP2000 Advanced 64bit versione 21.0.1 RY2016(c) (versione 16.2.0) della Computer and Structures Inc. (CSI), con licenza n. 55784 intestata a DUOMI S.r.l..

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

CSI ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

5.3 Valutazione dei risultati e giudizio sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari abbiano dato valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

5.4 Descrizione del modello

Il modello di calcolo rappresenta le sottostrutture del ponte (spalla A, pila centrale e spalla B) e il pontile a giorno. Esso è realizzato con elementi monodimensionali (beam), che schematizzano i pali e le travi longitudinali, e bidimensionali (shell), che modellano gli impalcati e i pulvini. Per quanto riguarda il ponte, è stato inserito nel calcolo un elemento monodimensionale avente caratteristiche inerziali equivalenti a quelle dell'impalcato reale, in maniera da valutare correttamente il comportamento dell'intero sistema, specialmente in fase sismica. Gli appoggi sono modellati come elementi link, che realizzano correttamente il vincolo tra impalcato e sottostrutture. Trasversalmente all'impalcato sono stati inseriti bracci rigidi per collegare elementi fittizi che rappresentano le linee di carico. Gli elementi che schematizzano l'impalcato del ponte sono privi di peso. Il peso dell'impalcato è inserito nel modello come azione verticale sul piano degli appoggi, che viene considerata come massa sismica ai fini dell'analisi modale.

I pali sono modellati come elementi monodimensionali; l'interazione con il terreno nella parte al di sotto della quota del fondale è schematizzata mediante l'inserimento di molle orizzontali e verticali con rigidità trasversale variabile in funzione della profondità.

Dalla quota del fondale – per una lunghezza di 22 m per i pali delle sottostrutture del ponte e per una lunghezza di 20 m per i pali degli impalcati 1 e 2 –, il terreno a contatto con i pali è stato schematizzato con molle a comportamento elasto-plastico perfetto poste ad interasse di 1 m. La reazione del terreno è assunta cautelativamente nulla fino alla profondità pari a $z=1,5 D$.

Per quanto riguarda gli spostamenti orizzontali, le molle hanno direzione trasversale allo sviluppo del palo (Figura 5), con rigidità assunta crescente con la profondità secondo l'espressione di Reese e Matlock:

$$K_m = n_h i z$$

essendo:

- K_m la rigidità della molla [kN/m];
- n_h parametro funzione del tipo di terreno (assunto pari a 9 000 kN/m³);
- i interasse delle molle [m];
- z profondità della molla dal fondale [m].

Ai fini dell'analisi la reazione massima del terreno (valore limite di plasticizzazione) è stata assunta crescente linearmente con la profondità:

$$R_{calc} = 3 k_p \gamma' z D i$$

$$R_k = R_{calc} / \xi_3$$

$$R_d = R_k / \gamma_{R1}$$

Dove:

- k_p coefficiente di spinta passiva (è stato assunto $c'=0,00$ kPa e $\varphi'=37^\circ$)
- γ' peso immerso dell'unità di volume pari 10,00 kN/m³;
- D diametro del palo, pari a 1,20 m;
- ξ_3 fattore di correlazione funzione del numero di verticali indagate (sono state considerate n°2 verticali, pertanto $\xi_3=1,65$)
- γ_R coefficiente di sicurezza parziale pari a 1,00.

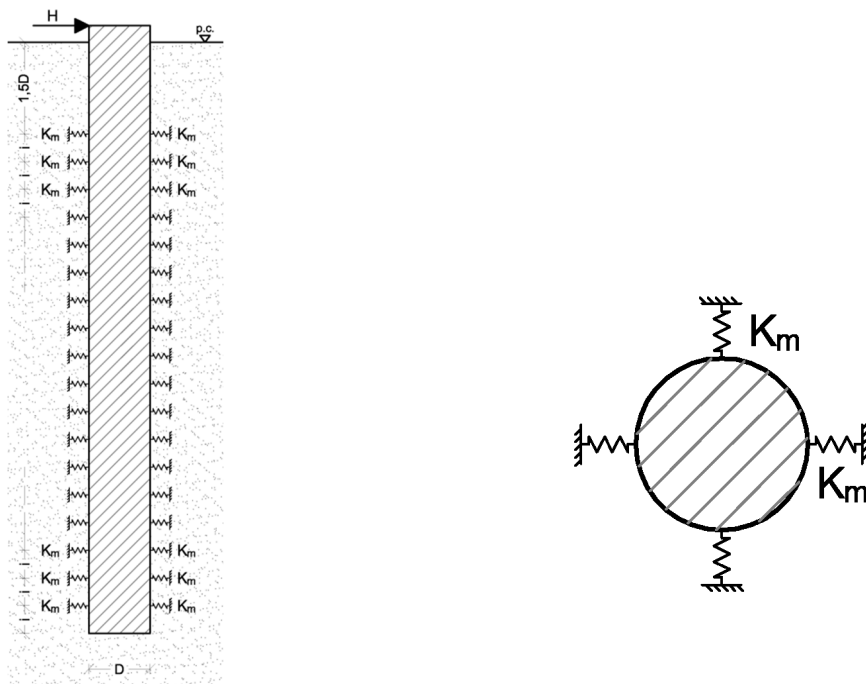


Figura 5: Schema di molle elastoplastiche orizzontali: sezione verticale e sezione orizzontale

Per quanto riguarda gli spostamenti verticali, con riferimento alla pubblicazione “Analisi non lineare del cedimento di un palo singolo”, estratto da “Rivista Italiana di Geotecnica” di Castelli, Maugeri e Motta) sono state assunte molle assiali lungo la superficie del palo con rigidezza K_{w_ass} e una molla verticale alla punta del palo con rigidezza K_{w_punta} (Figura 6).

$$K_{w_ass} = k_{w_ass} \pi D i \qquad K_{w_punta} = k_{w_punta} \frac{\pi D^2}{4}$$

Dove:

$$k_{w_ass} = \frac{q_{lat}}{D} \frac{1000}{2} \qquad k_{w_punta} = \frac{q_{punta}}{D} \frac{100}{3}$$

e q_{lat} e q_{punta} rispettivamente sono la portanza laterale e di punta del palo per unità di superficie:

$$q_{lat} = \frac{Q_{lat d}}{\pi D L} \qquad q_{punta} = \frac{Q_{punta d}}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

$$Q_{lat d} = \frac{Q_{lat k}}{\gamma_s} = \frac{Q_l}{\zeta_3} \frac{1}{\gamma_s} \qquad Q_{punta d} = \frac{Q_{punta k}}{\gamma_b} = \frac{Q_{punta}}{\zeta_3} \frac{1}{\gamma_b}$$

Dove γ_s e γ_b sono i coefficienti di sicurezza sulla resistenza laterale e sulla resistenza alla punta, pari a 1,00.

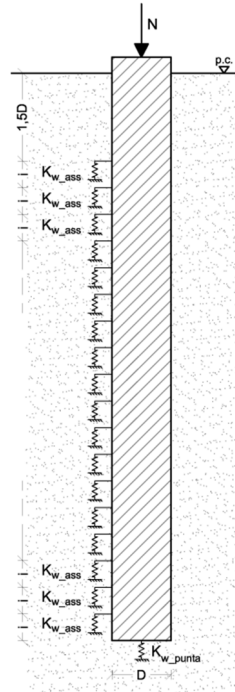


Figura 6: Schema di molle elastoplastiche verticali

Nel modello FEM non è stato considerato il contributo di rigidità offerto dalla camicia dei pali, perché trascurabile.

Tutti gli elementi sono opportunamente suddivisi mediante mesh automatica; in particolare, i pali sono suddivisi, per la parte interrata, in elementi di lunghezza massima pari a 1 m.

Le quote assunte per il fondale sono le seguenti:

- Spalla A: -5.0 m s.l.m.m. per le due prime file trasversali di pali e -6.50 m per le restanti due file;
- Pila: -8.0 m s.l.m.m.;
- Spalla B: -7.0 m s.l.m.m.;
- Impalcato 1: -7.0 m s.l.m.m.;

- Impalcato 2: tutti i pali a -7.0 m s.l.m.m., ad eccezione della terz'ultima fila a -6.0 m s.l.m.m., della penultima fila a -5.0 m s.l.m.m., dell'ultima fila a -4.0 m s.l.m.m..

Gli effetti sulla struttura dovuti al transito dei veicoli sono stati determinati tramite un' "analisi di carico mobile", dalla quale si ottengono involuppi dei valori massimi e minimi delle sollecitazioni, degli spostamenti e delle reazioni vincolari.

Le sollecitazioni da evento sismico sono state calcolate con uso di un'analisi modale con spettro di risposta.

L'origine del riferimento è posta in corrispondenza della spalla A, alla quota del livello medio del mare; l'asse x è longitudinale, l'asse y trasversale, l'asse z verticale.

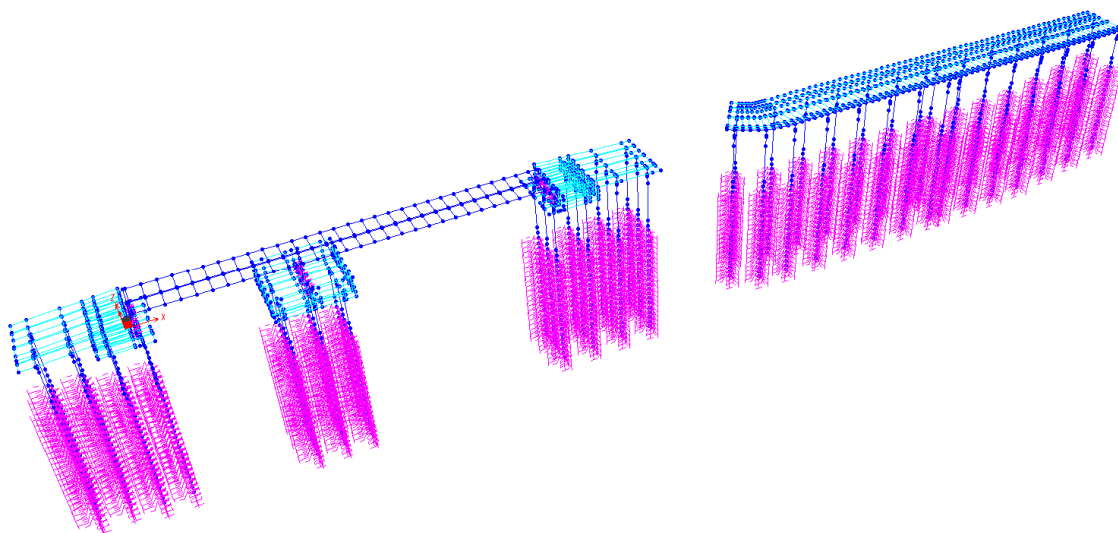


Figura 7: Vista 3D unifilare del modello di calcolo

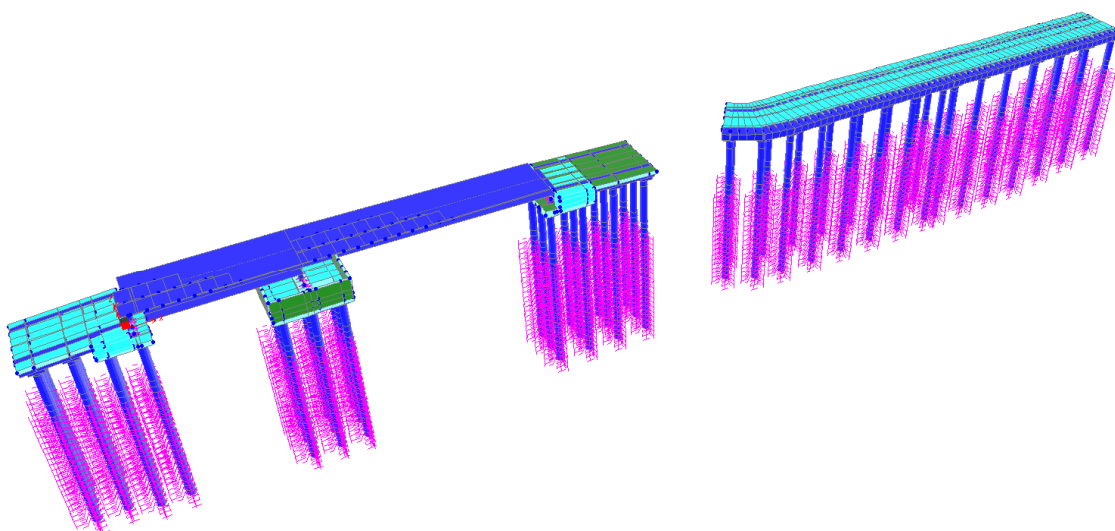


Figura 8: Vista 3D estrusa del modello di calcolo

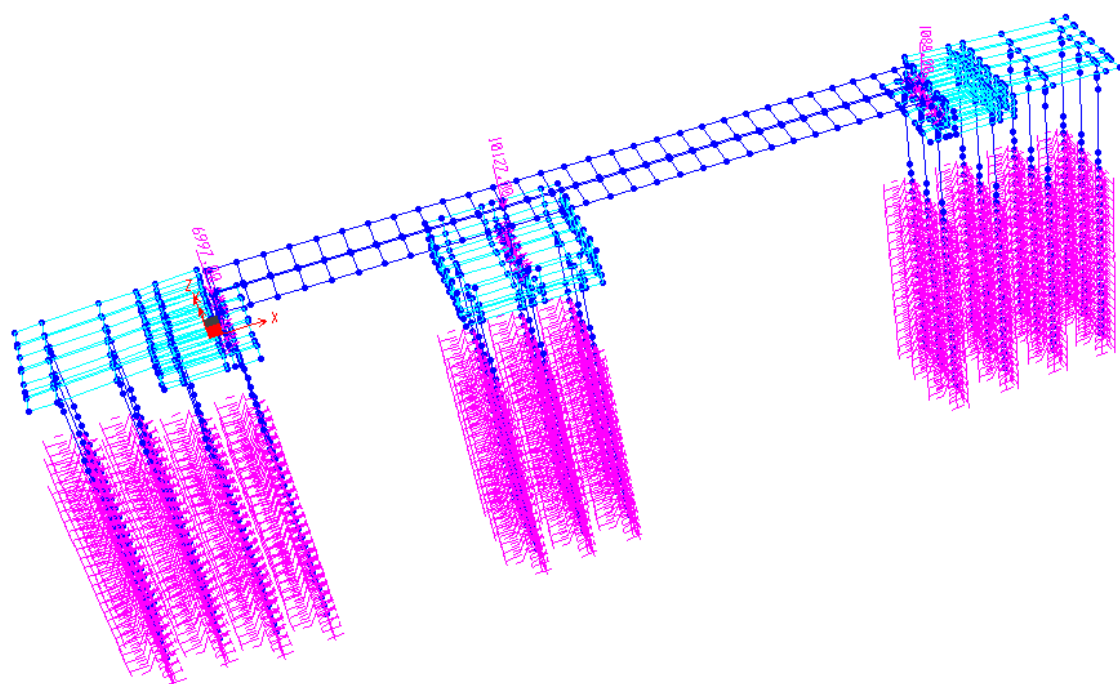


Figura 9: Applicazione del carico trasmesso dal ponte

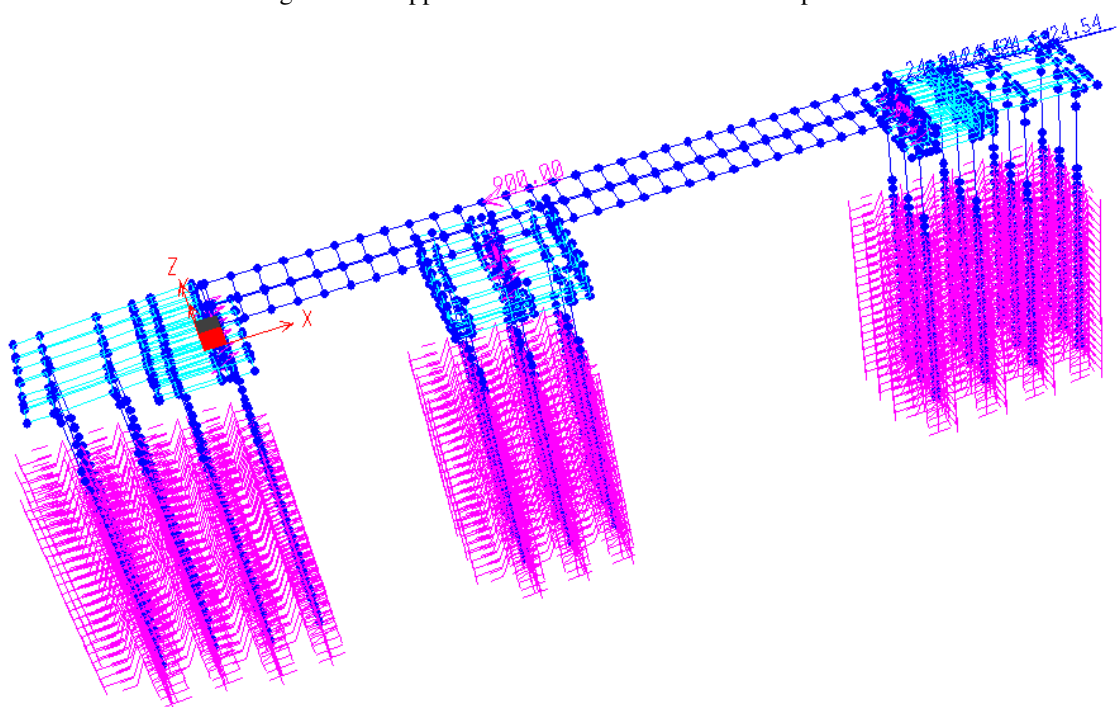


Figura 10: Applicazione dell'azione di frenatura sul ponte e sulle sottostrutture

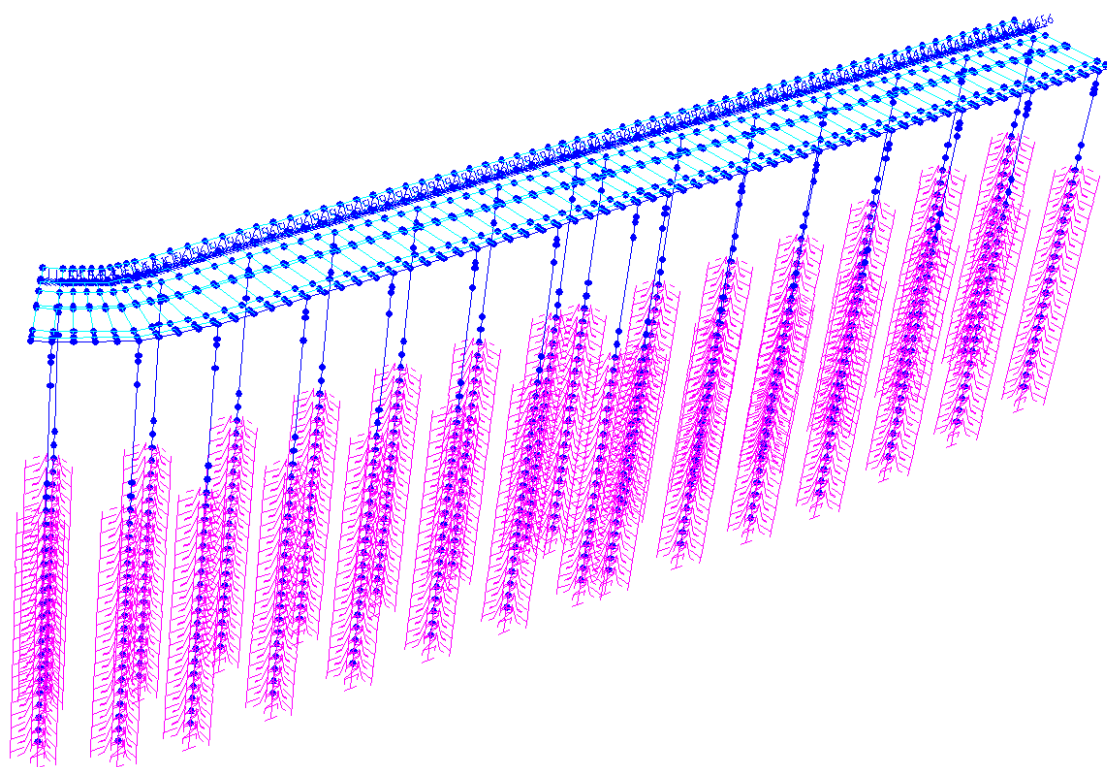


Figura 11: Applicazione dell'azione di frenatura degli impalcati 1 e 2

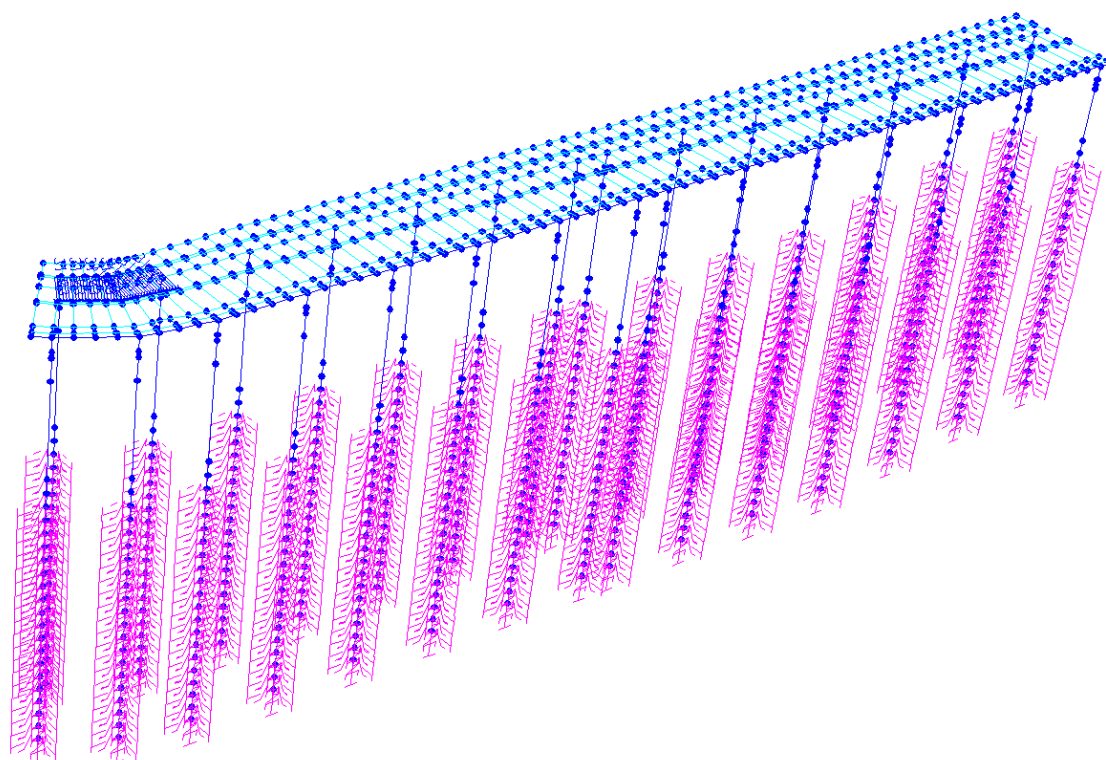


Figura 12: Applicazione dell'azione centrifuga

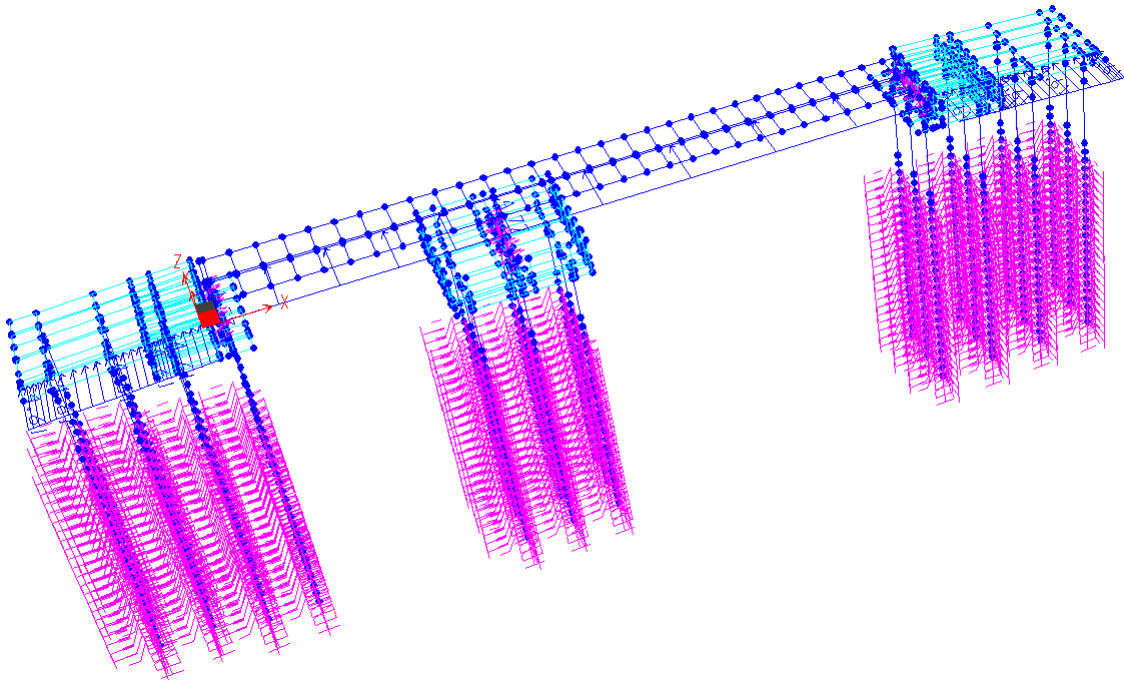


Figura 13: Applicazione dell'azione del vento sull'impalcato e sulle sottostrutture

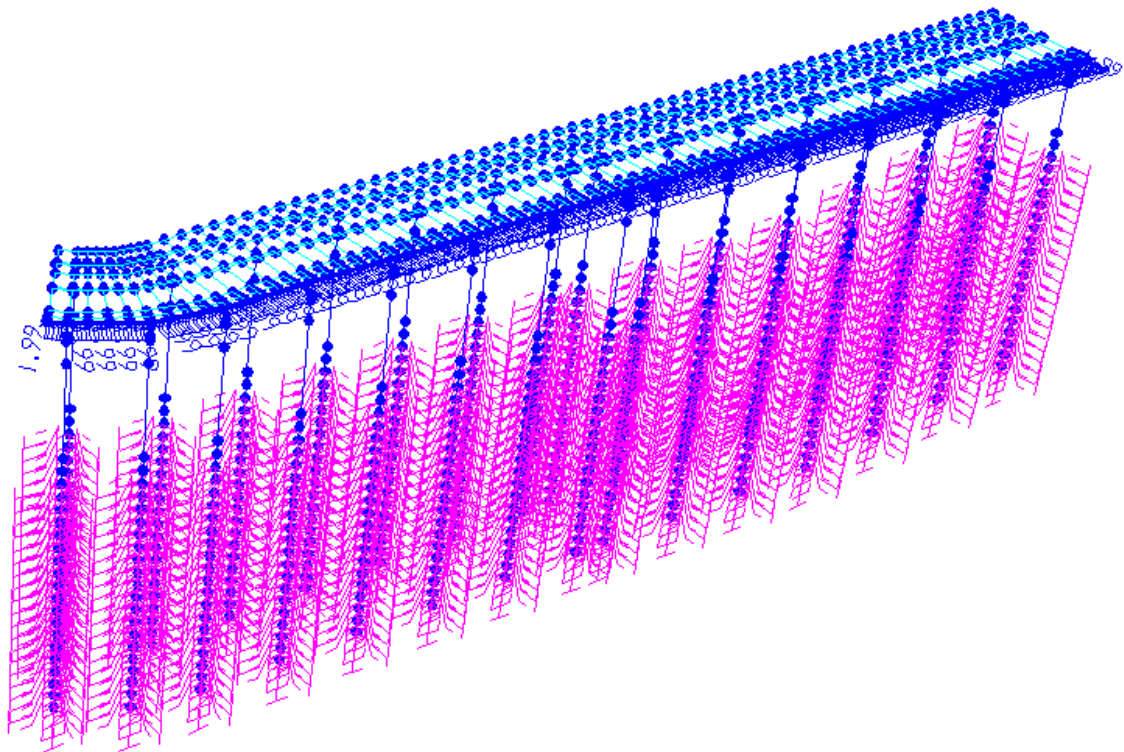


Figura 14: Applicazione dell'azione del vento sugli impalcati 1 e 2

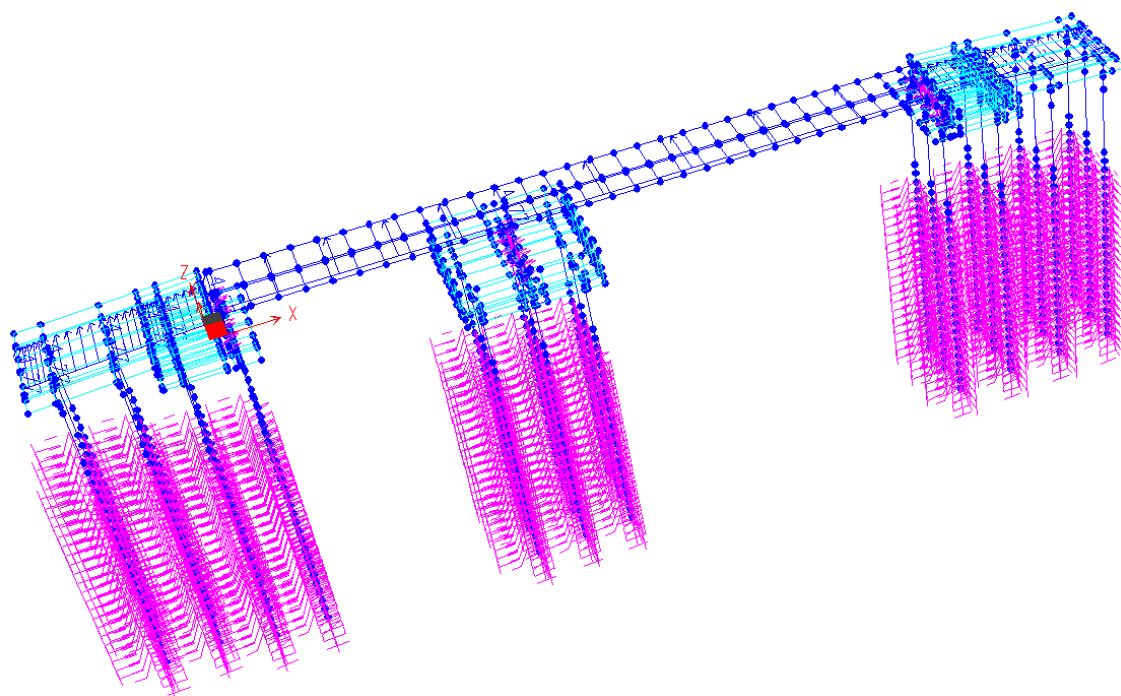


Figura 15: Applicazione dell'azione del vento sui carichi mobili del ponte e delle sottostrutture

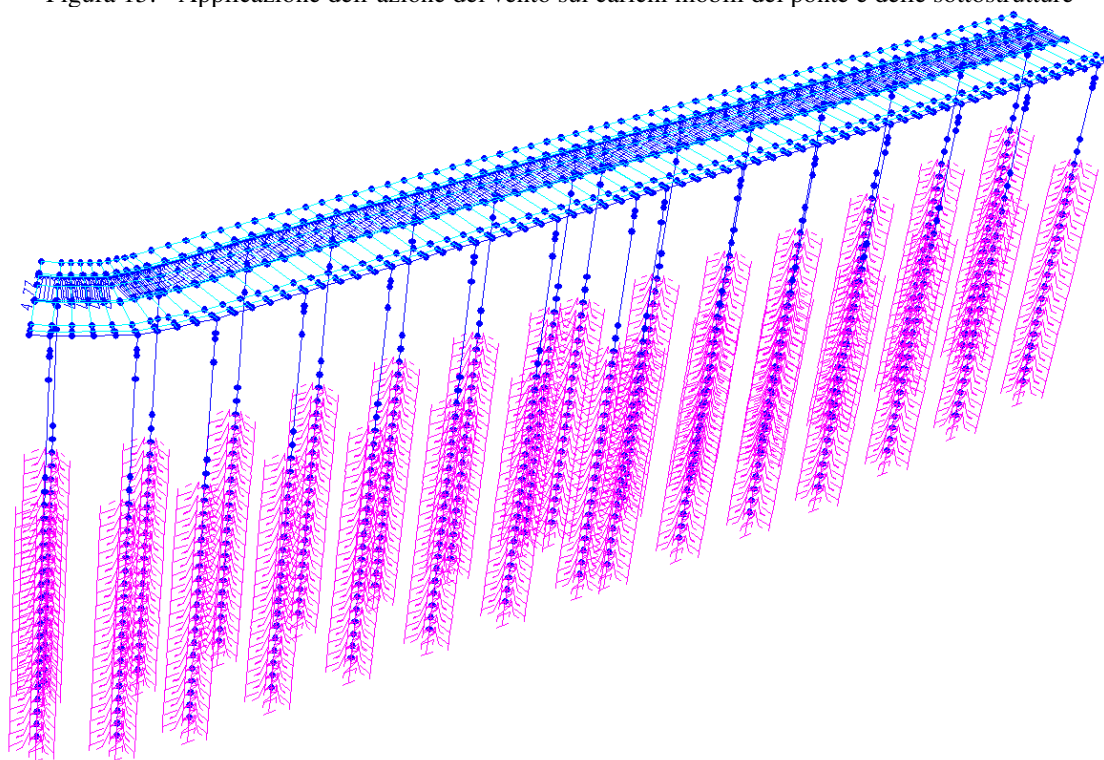


Figura 16: Applicazione dell'azione del vento sui carichi mobili degli impalcati 1 e 2

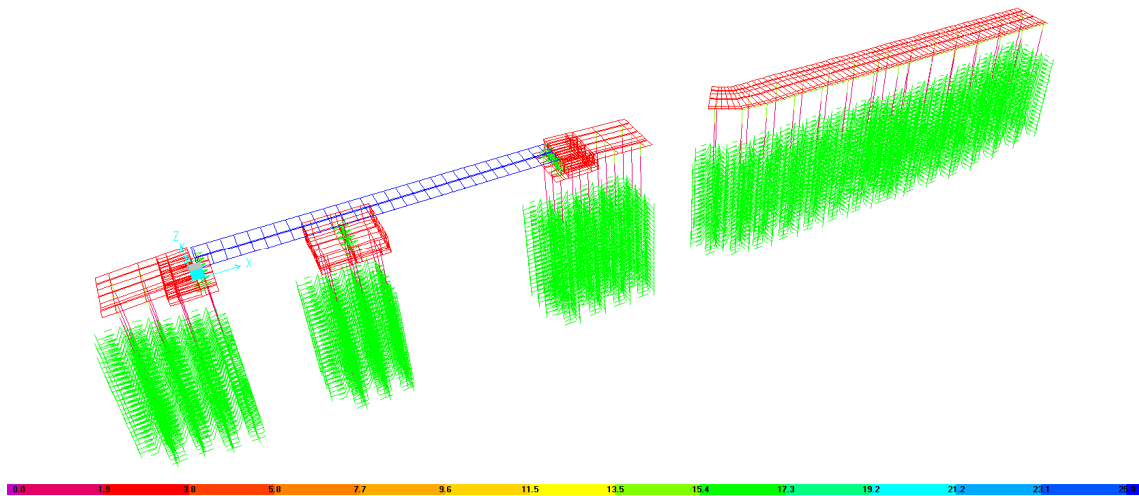


Figura 17: Applicazione dell'azione termica uniforme sugli elementi frame

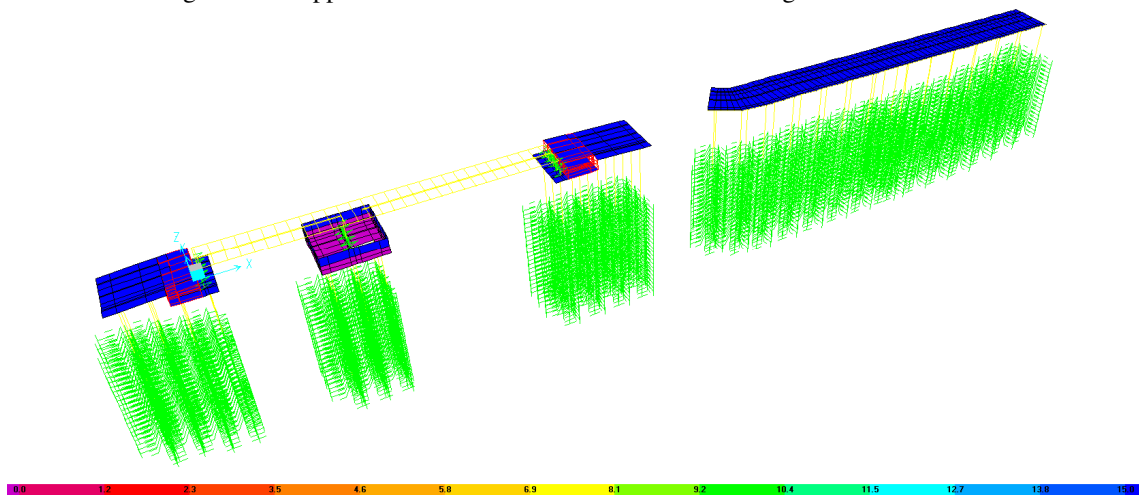


Figura 18: Applicazione dell'azione termica uniforme sugli elementi shell

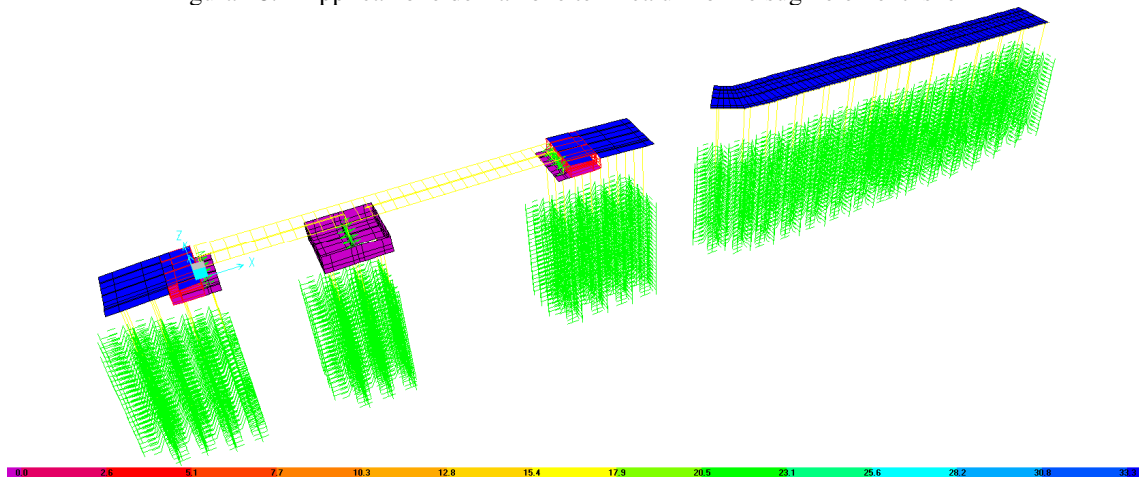


Figura 19: Applicazione dell'azione del gradiente termico

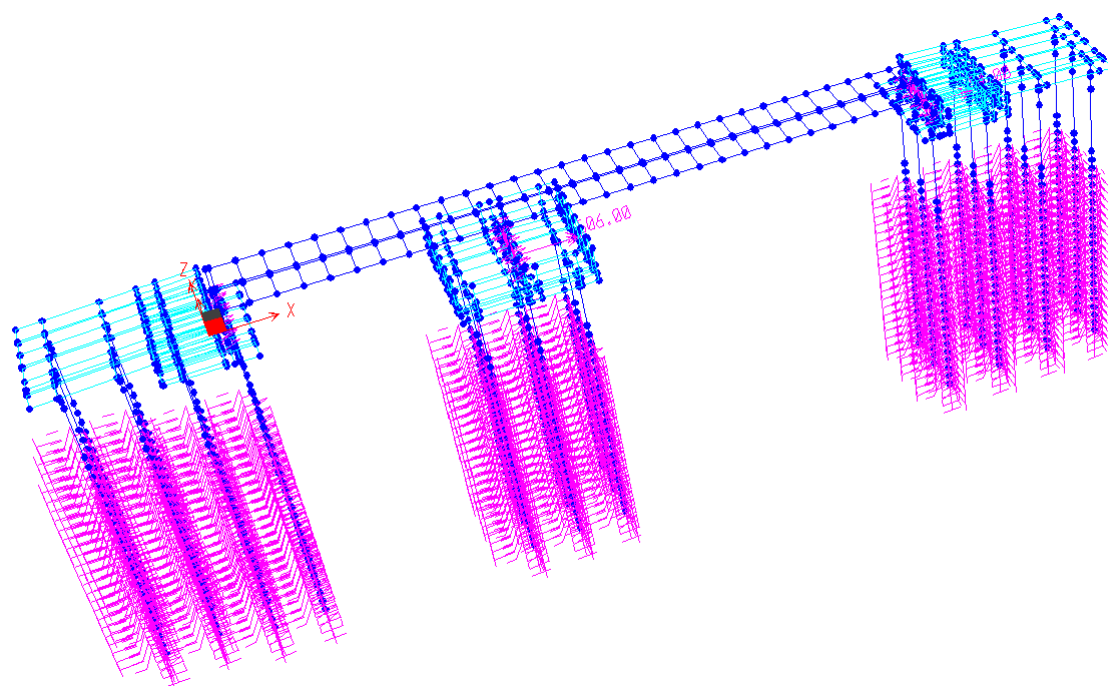


Figura 20: Applicazione dell'azione dovuta alla resistenza parassita dei vincoli

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

5.5 Risultati dell'analisi modale

Nella tabella seguente si riportano i risultati dell'analisi modale relativa ai primi 30 modi di vibrare.

X = direzione longitudinale

Y = direzione trasversale

Z = direzione verticale

StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
Mode	1	1.010525	0.24835	0.000001125	0.000006404	0.24835	0.000001125	0.000006404
Mode	2	0.836491	0.0003	0.14126	0.000009109	0.24865	0.14126	0.00001551
Mode	3	0.824117	0.000004252	0.32724	0.0000008381	0.24865	0.4685	0.00001635
Mode	4	0.784033	0.00063	0.09915	0.000008246	0.24929	0.56766	0.0000246
Mode	5	0.780255	0.0599	0.00004912	0.00000004401	0.30919	0.56771	0.0000246
Mode	6	0.767099	0.000001193	0.0625	0.0000006754	0.30919	0.6302	0.00002527
Mode	7	0.734635	0.08411	0.00082	0.00000003725	0.3933	0.63103	0.00002527
Mode	8	0.733256	0.11112	0.000002919	0.000000112	0.50442	0.63103	0.00002639
Mode	9	0.667212	0.000003537	0.03301	0.00000000184	0.50442	0.66404	0.00002639
Mode	10	0.641114	0.12569	0.00437	0.000001771	0.63011	0.66841	0.00002816
Mode	11	0.592066	0.00834	0.02884	0.000004418	0.63846	0.69725	0.00003258
Mode	12	0.532415	0.00000825	0.00251	0.0000001395	0.63846	0.69976	0.00003272
Mode	13	0.487226	0.0215	0.00000002088	0.00000003096	0.65996	0.69976	0.00003275
Mode	14	0.454508	0.04957	0.00000001029	0.00000002179	0.70953	0.69976	0.00003277
Mode	15	0.192187	0.0000002289	0.00257	0.000009158	0.70953	0.70233	0.00004193
Mode	16	0.158796	0.0000001618	0.00356	0.00028	0.70953	0.70589	0.00032
Mode	17	0.13958	0.000006303	0.000003397	0.08374	0.70954	0.70589	0.08406
Mode	18	0.122094	0.00024	0.0000007595	0.23971	0.70978	0.7059	0.32377
Mode	19	0.120195	0.000001174	0.00123	0.00368	0.70978	0.70712	0.32744
Mode	20	0.119704	0.00072	0.00000002747	0.00042	0.7105	0.70712	0.32786
Mode	21	0.117313	0.00086	0.0000001179	0.00033	0.71136	0.70712	0.32818
Mode	22	0.116412	0.00004288	0.00374	0.01786	0.71141	0.71086	0.34604
Mode	23	0.11507	0.000000427	0.00236	0.01506	0.71141	0.71322	0.3611
Mode	24	0.114925	0.00000003078	0.00375	0.00004585	0.71141	0.71697	0.36115
Mode	25	0.11379	0.000007803	0.00131	0.01764	0.71141	0.71829	0.37879
Mode	26	0.111991	0.00007211	0.00019	0.0007	0.71149	0.71847	0.3795
Mode	27	0.110234	0.0000001428	0.00049	0.00161	0.71149	0.71897	0.38111
Mode	28	0.109943	0.0000004982	0.00141	0.03435	0.71149	0.72038	0.41546
Mode	29	0.109298	0.00048	0.00323	0.00129	0.71196	0.72361	0.41675
Mode	30	0.10884	0.00311	0.00053	0.0092	0.71507	0.72414	0.42595

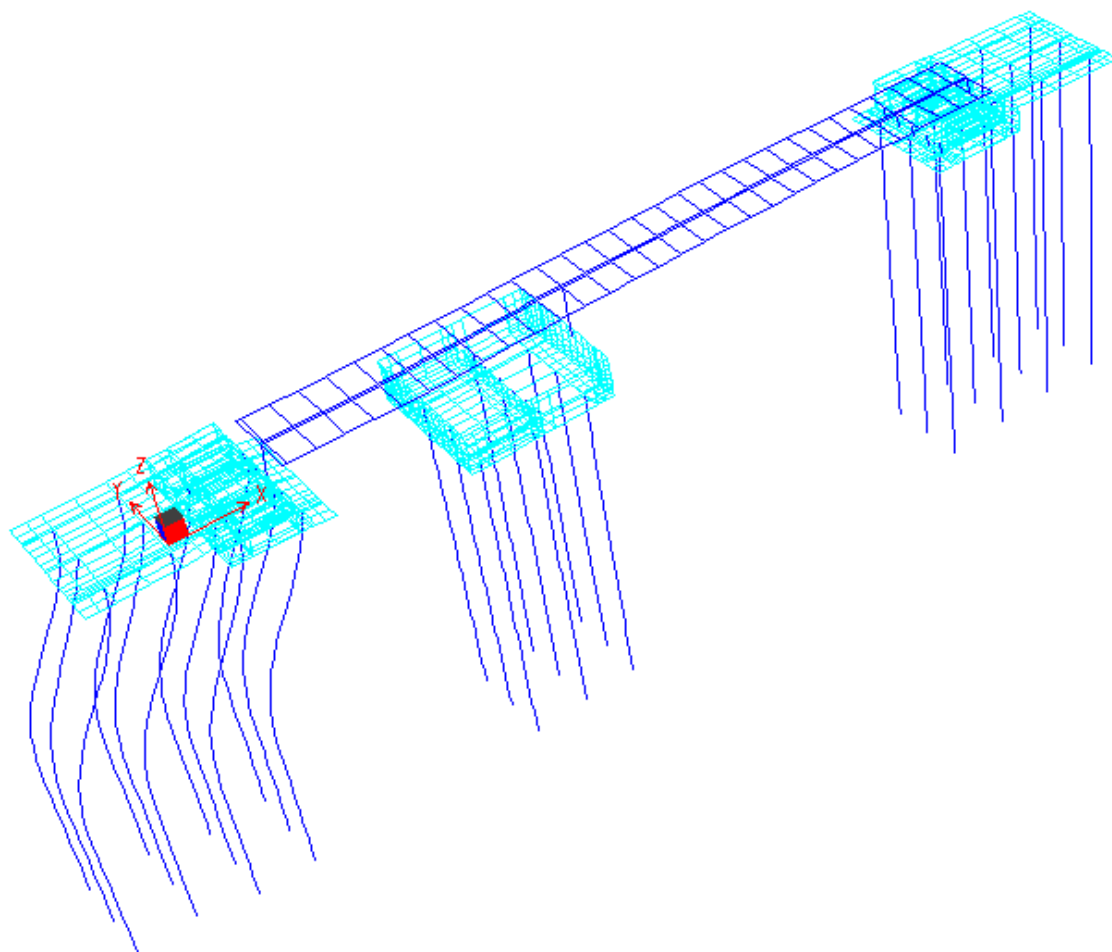


Figura 21: 1° Modo Traslazionale X delle sottostrutture – modo 1 - T = 1.01 s

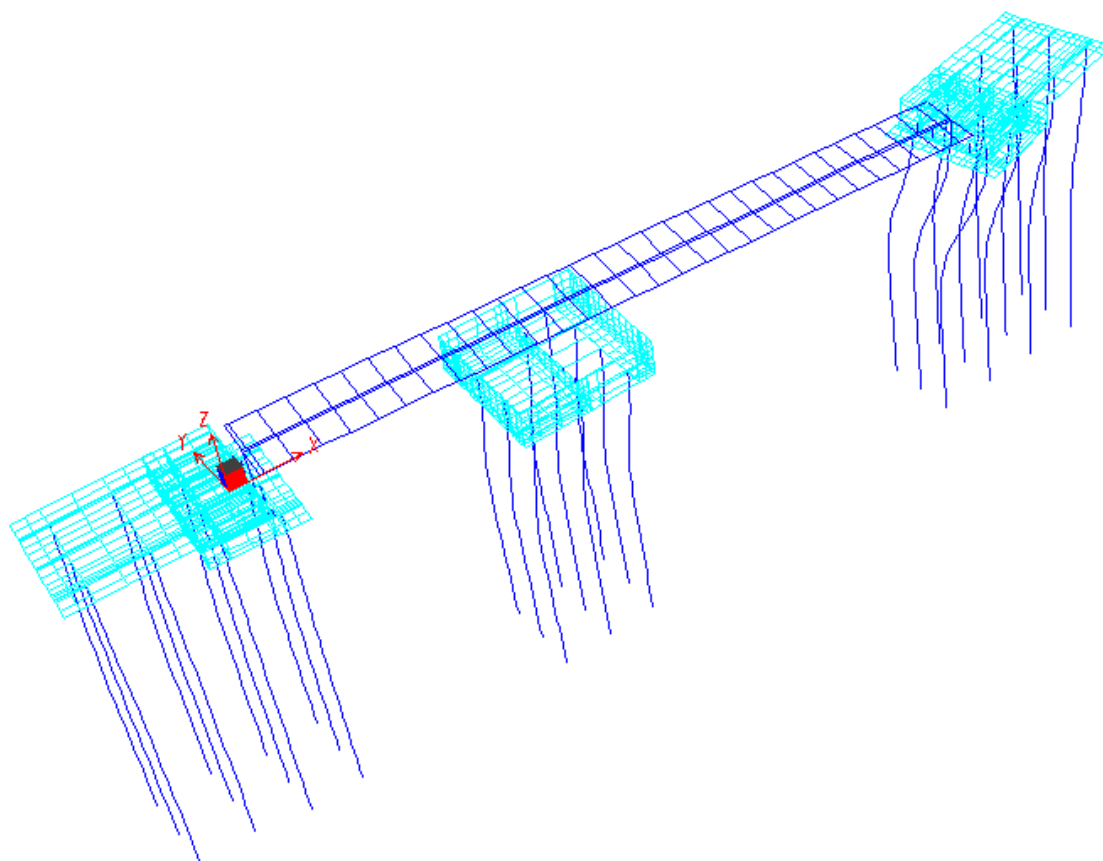


Figura 22: 1° Modo Traslazionale Y delle sottostrutture – modo 3 - $T=0.824$ s

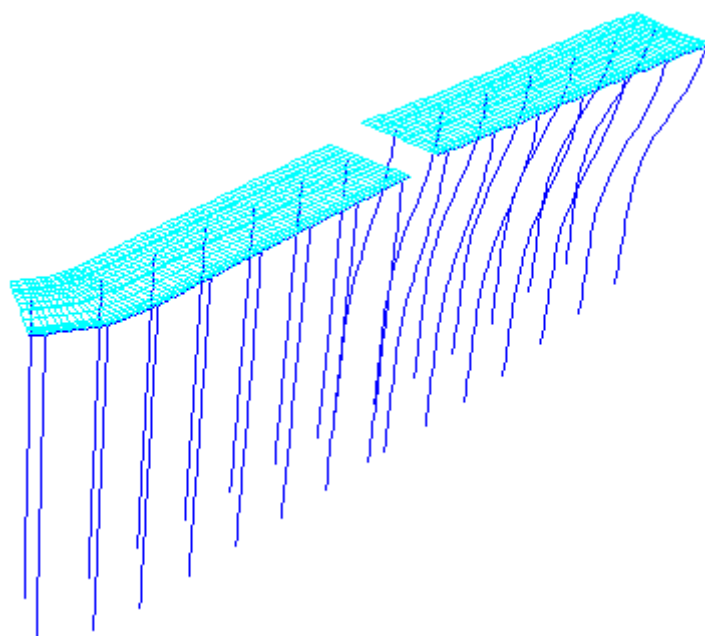


Figura 23: 1° Modo Traslazionale X degli impalcati 1 e 2 – modo 10 - $T = 0.641$ s

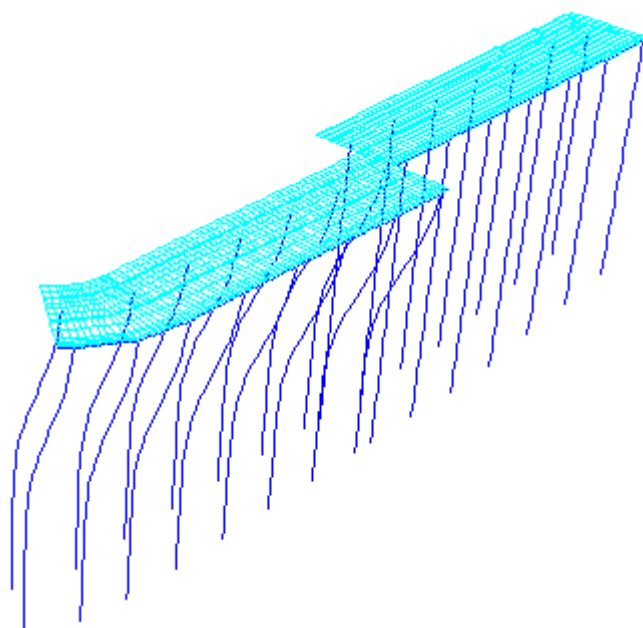


Figura 24: 1° Modo Traslazionale Y degli impalcati 1 e 2 – modo 2 - $T=0.836$ s

5.6 Sollecitazioni di progetto

5.6.1 Pali e travi

Nelle immagini a seguire sono riportati gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni per le combinazioni di SLU/SLV e SLE-Rara.

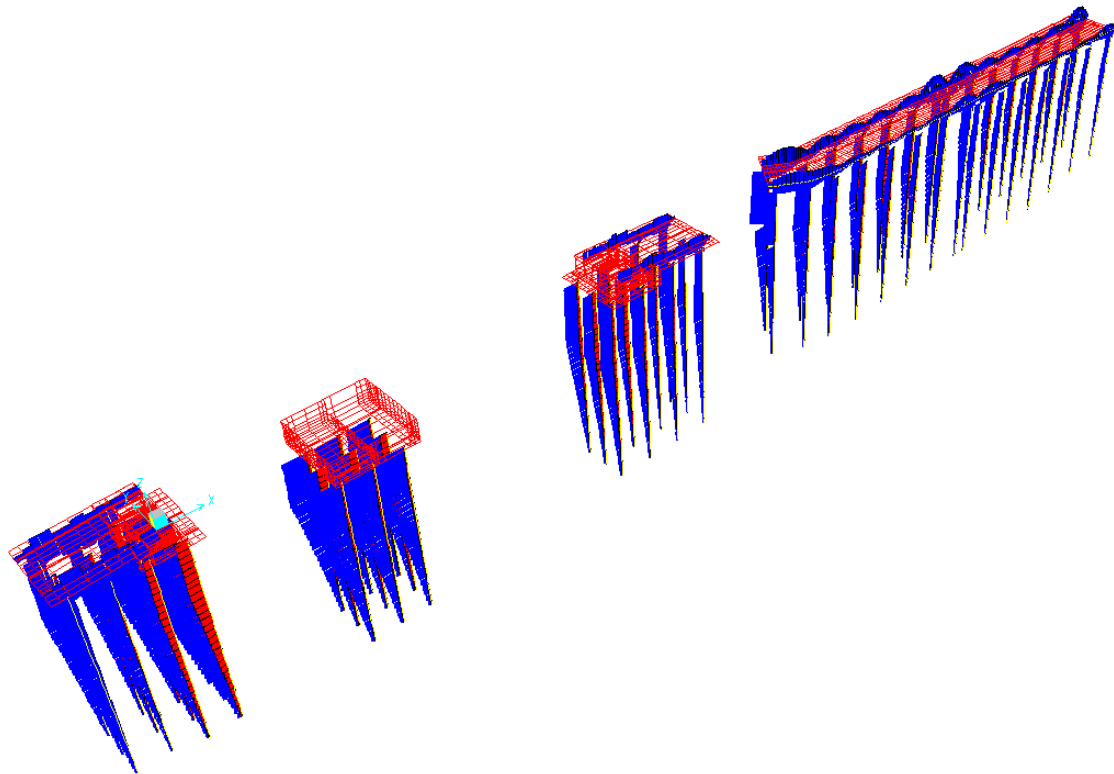


Figura 25: Diagramma di involuppo dello sforzo assiale N (kN) allo SLU/SLV

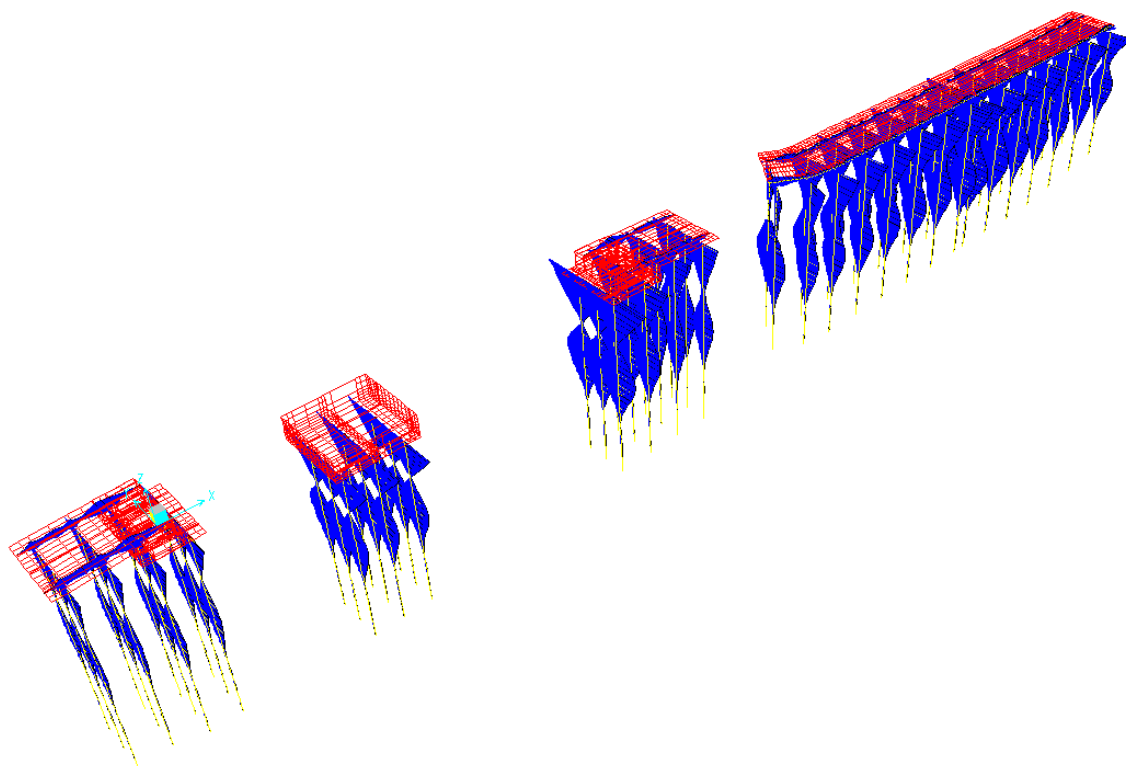


Figura 26: Diagramma di involuppo del momento flettente trasversale M_{22} (kN m) allo SLU/SLV

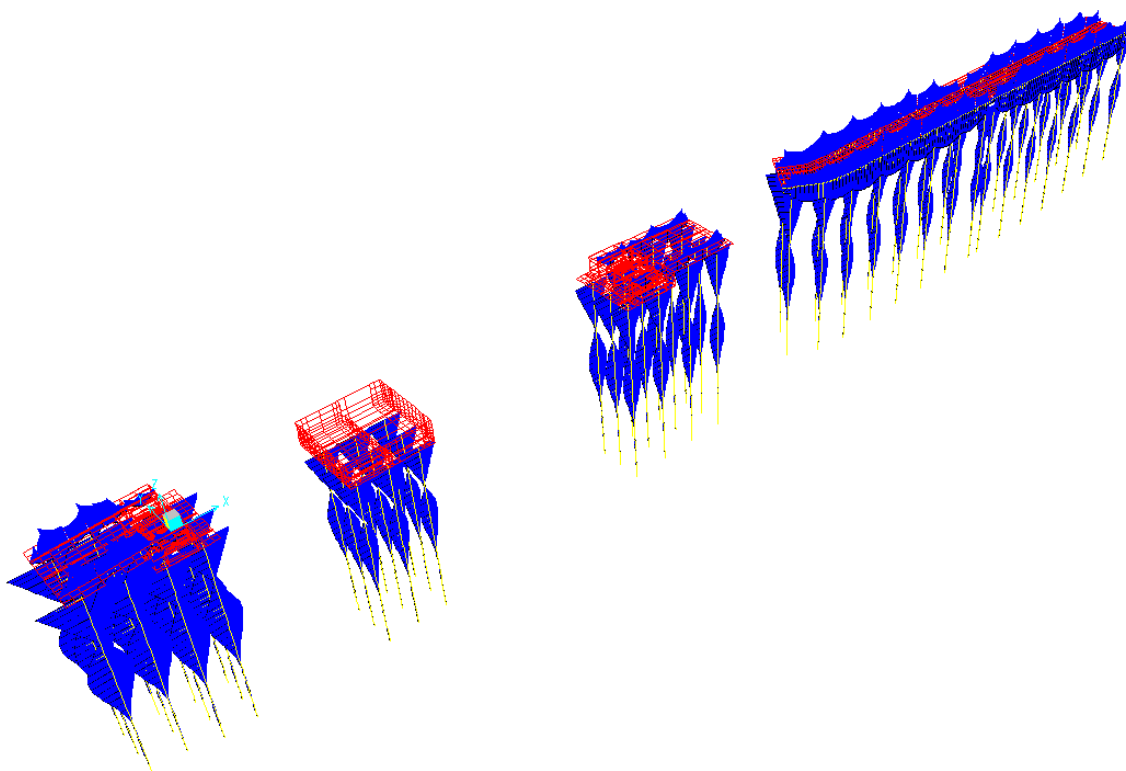


Figura 27: Diagramma di involuppo del momento flettente longitudinale M_{33} (kN m) allo SLU/SLV

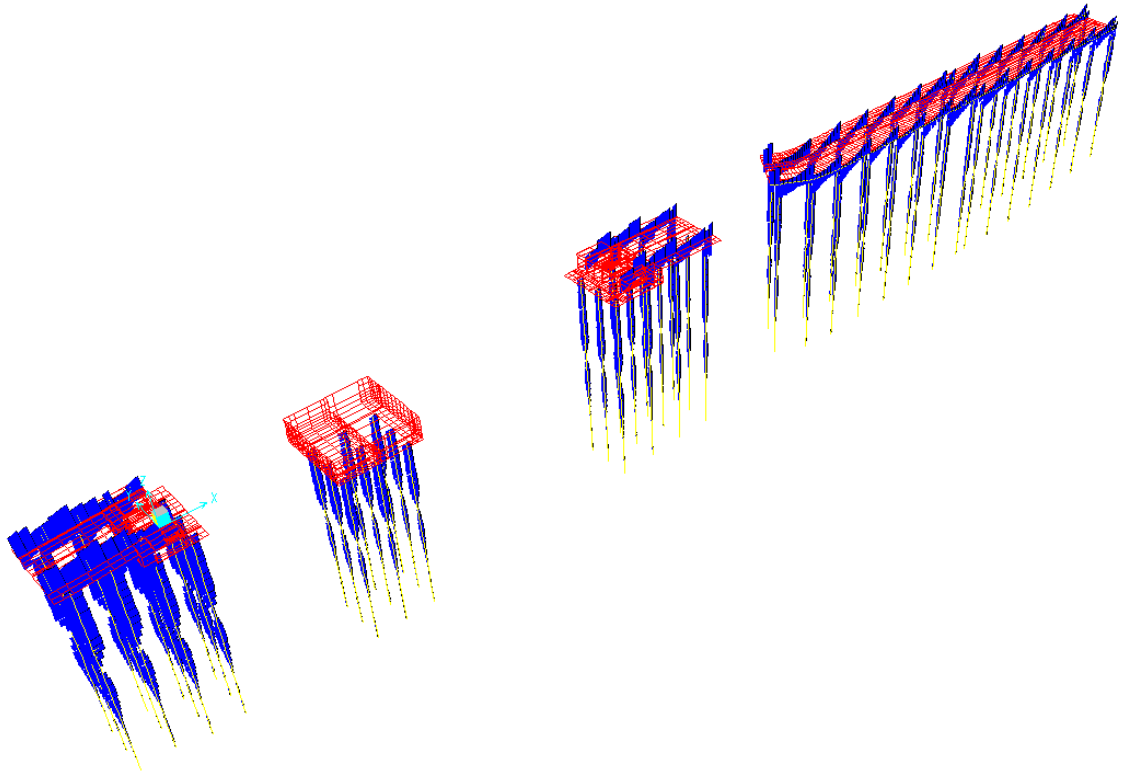


Figura 28: Diagramma di involuppo del taglio longitudinale V22 (kN) allo SLU/SLV

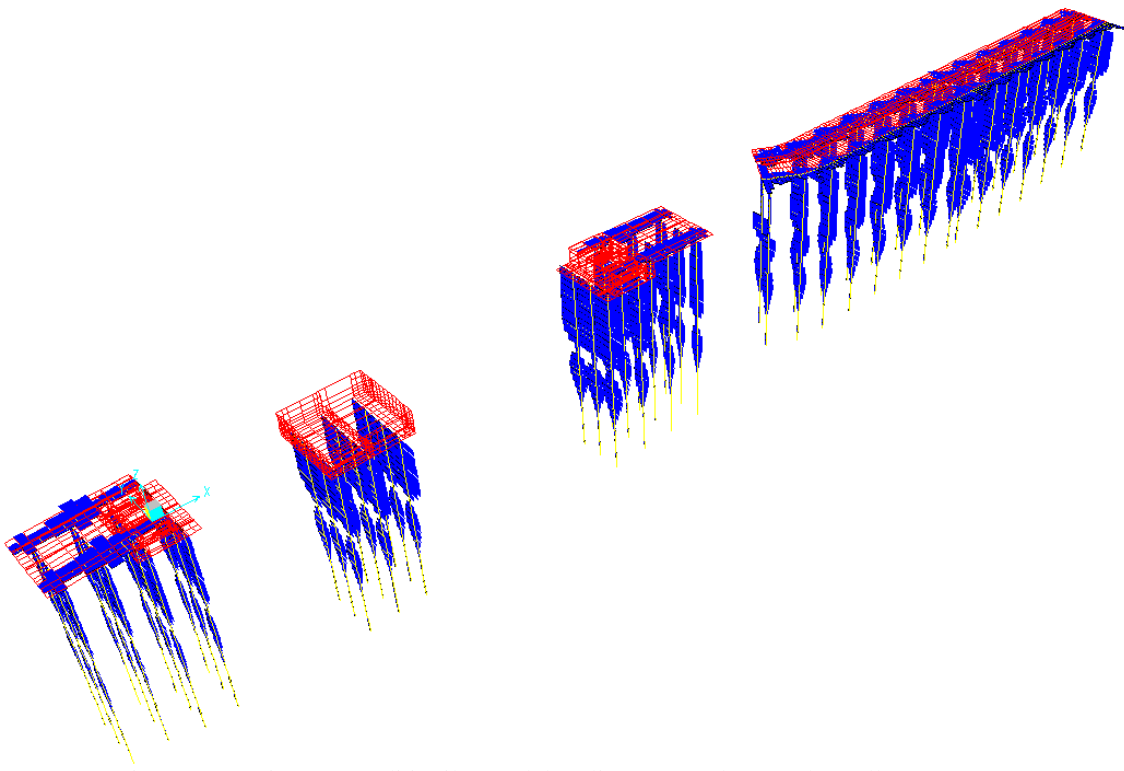


Figura 29: Diagramma di involuppo del taglio trasversale V33 (kN) allo SLU/SLV

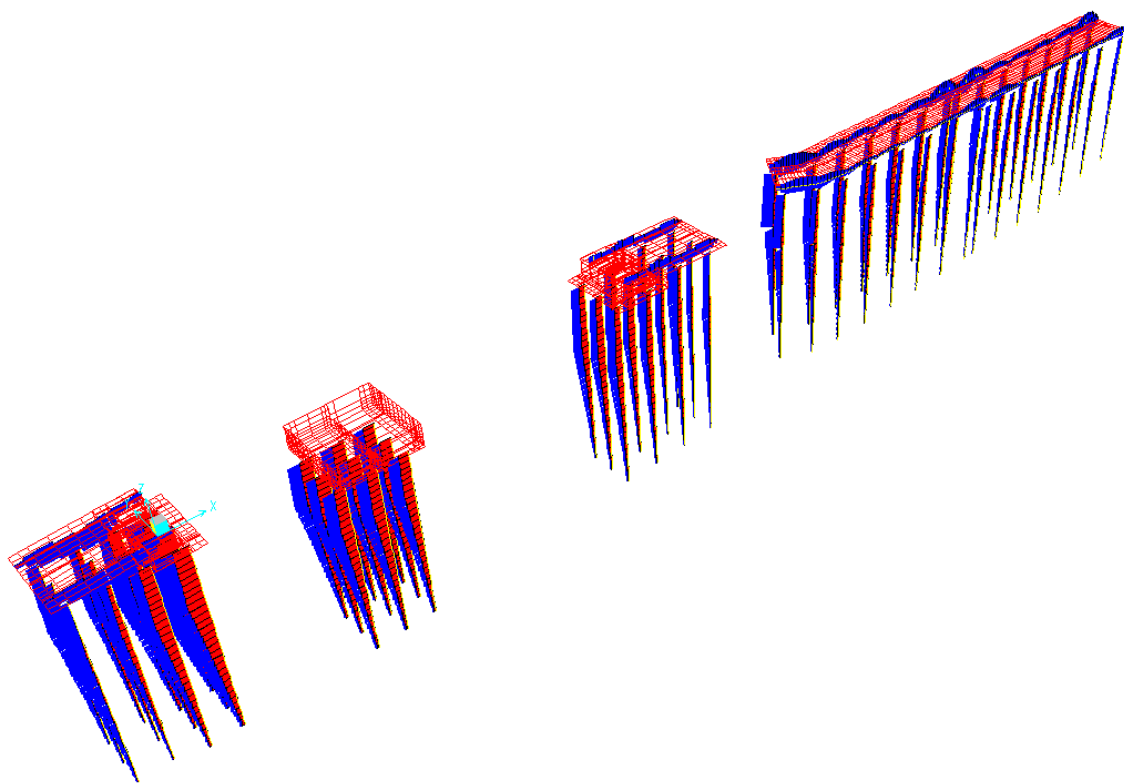


Figura 30: Diagramma di involucro dello sforzo assiale N (kN) allo SLE-Rara

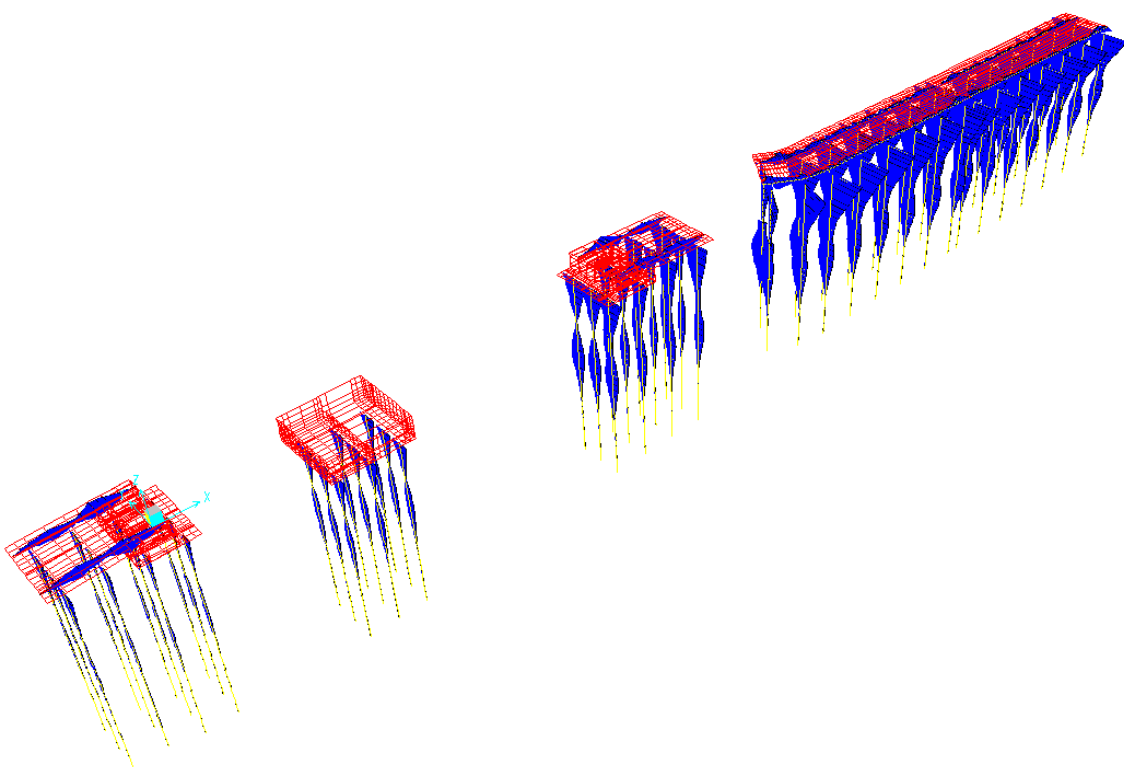


Figura 31: Diagramma di involucro del momento flettente trasversale M22 (kN m) allo SLE-Rara

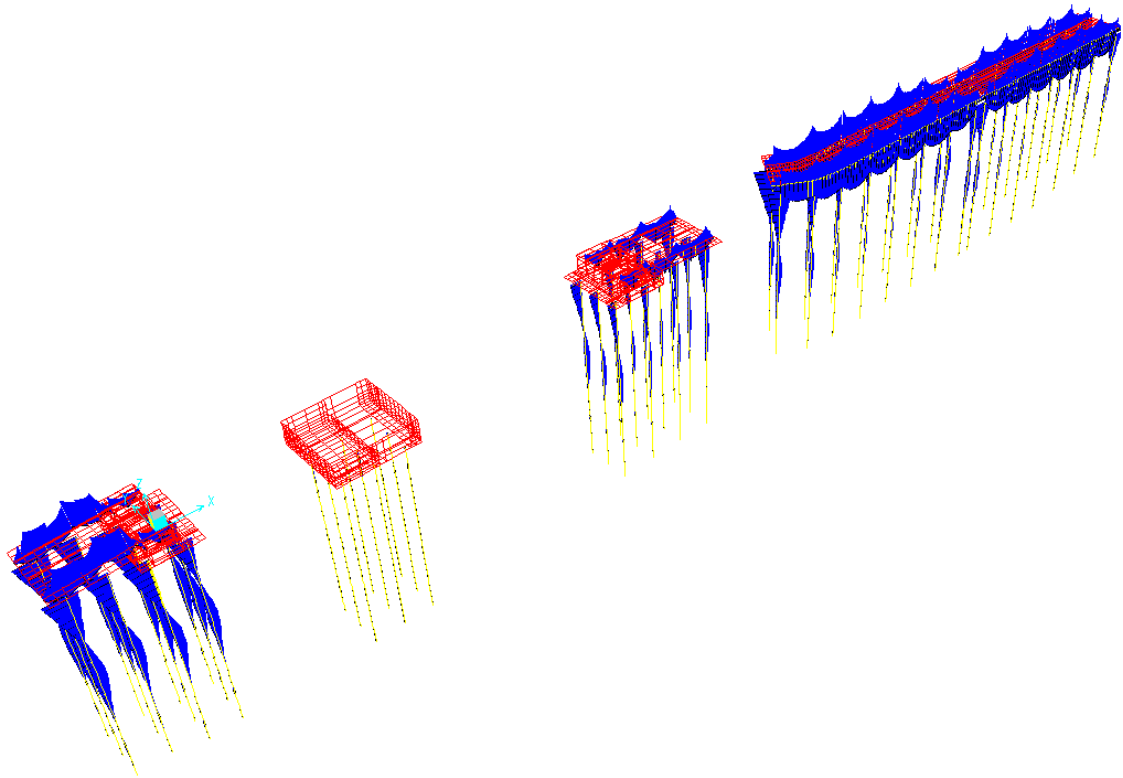


Figura 32: Diagramma di involucro del momento flettente longitudinale M33 (kN m) allo SLE-Rara

5.6.2 Solette

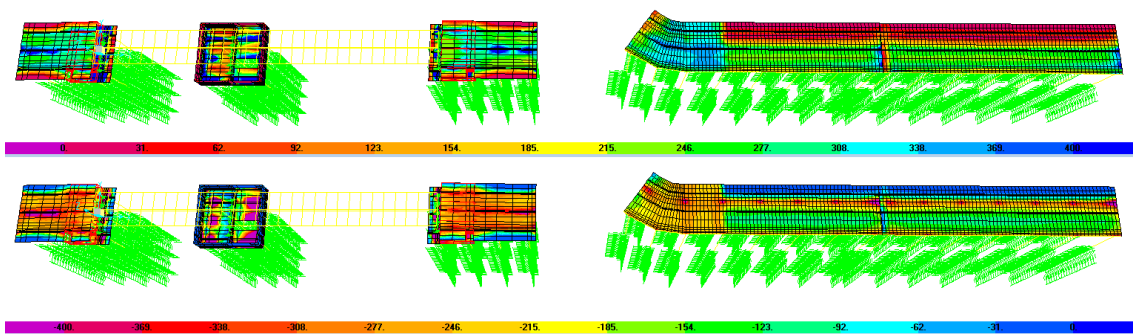


Figura 33: Diagramma di involucro del momento flettente longitudinale M11 (kN m) allo SLU/SLV

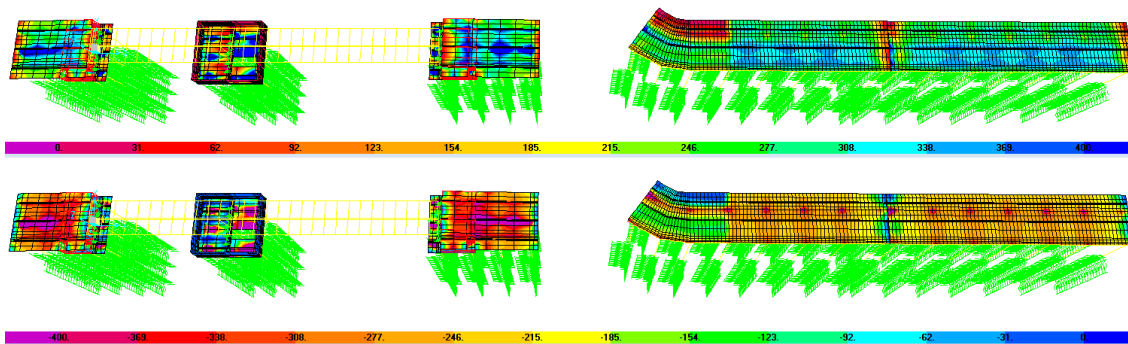


Figura 34: Diagramma di involucro del momento flettente trasversale M22 (kN m) allo SLU/SLV

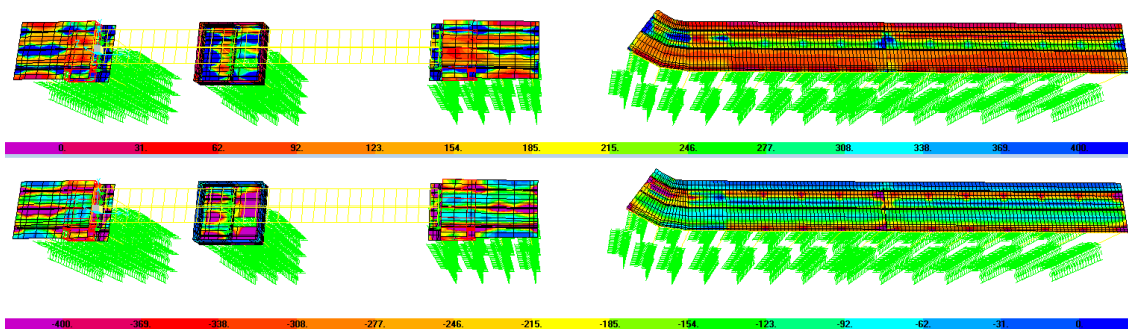


Figura 35: Diagramma di involucro del taglio trasversale V12 (kN) allo SLU/SLV

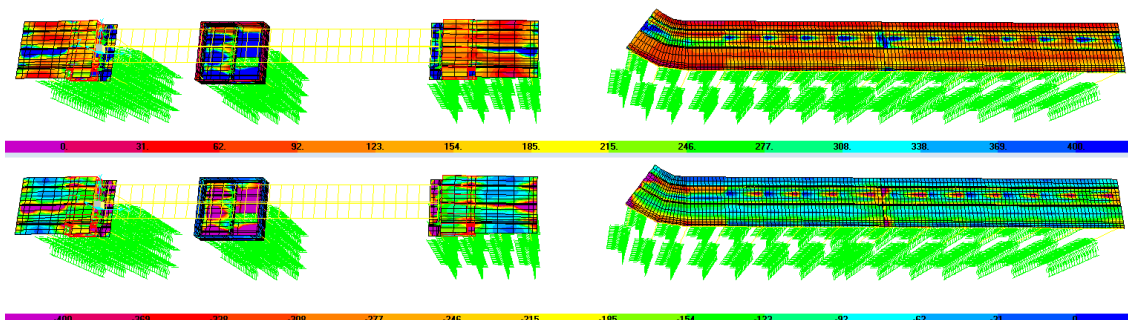


Figura 36: Diagramma di involucro del taglio longitudinale V23 (kN) allo SLU/SLV

5.7 Verifiche di resistenza

5.7.1 Casseri prefabbricati

Si riportano di seguito le caratteristiche degli elementi prefabbricati e le relative verifiche di resistenza.

		SPALLA A				
		Dalla pulv.	Dalla pulv.	Dalla travi	Dalla	
Luce netta	L	2.10	2.10	2.10	1.20	m
Spessore elemento	s	0.35	0.35	0.20	0.20	m
Larghezza elemento	b	1.00	1.00	2.30	1.00	m
Altezza ala sinistra	a _{sx}	-	-	0.30	-	m
Altezza ala destra	a _{dx}	-	-	0.30	-	m
Spessore getto 1	h1	2.45	0.45	0.30	0.40	m
Larghezza getto 1 (incluse ali dalla)	B1	1.00	1.00	2.30	1.00	m
Spessore getto 2	h2	0.00	0.00	0.60	0.00	m
Larghezza getto 2	B2	0.00	0.00	3.50	0.00	m
Peso proprio	p _p	8.75	8.75	11.50	5.00	kN/m
Peso getto	p _g	61.25	11.25	69.75	10.00	kN/m
Peso complessivo SLU	p _{SLU}	91.00	26.00	105.63	19.50	kN/m
Momento SLU	M_{SLU}	50.16	14.33	58.23	3.51	kN m
Taglio SLU	V_{SLU}	95.55	27.30	110.91	11.70	kN
Peso complessivo SLE	p _{SLE}	70.00	20.00	81.25	15.00	kN/m
Momento SLE	M_{SLE}	38.59	11.03	44.79	2.70	kN m
Armadura superiore		Φ12/20	Φ12/20	Φ12/20	Φ12/20	-
Armadura inferiore		Φ20/10	Φ20/10	Φ12/20	Φ16/10	-
Momento resistente	M_{res}	332.80	332.80	351.70	39.15	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		6.63	23.22	6.04	11.15	-
Tensione cls SLE	σ_c	2.23	0.64	3.22	0.59	MPa
Tensione acciaio SLE	σ_α	47.31	13.52	59.78	10.69	MPa
Armadura a taglio dalla		-	-	-	-	-
Armadura a taglio ali		-	-	2Φ10/20	-	-
Taglio resistente	V_{res}	239.86	239.86	308.39	182.98	kN
Coeff. Sicurezza taglio		2.51	8.79	2.78	15.64	-

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

		PILA	
		Cassero	
Luce netta	L	2.10	m
Spessore elemento	s	0.35	m
Larghezza elemento	b	1.00	m
Altezza ala sinistra	a _{sx}	-	m
Altezza ala destra	a _{dx}	-	m
Spessore getto 1	h1	0.85	m
Larghezza getto 1 (incluse ali dalla)	B1	1.00	m
Spessore getto 2	h2	0.00	m
Larghezza getto 2	B2	0.00	m
Peso proprio	p _p	8.75	kN/m
Peso getto	p _g	21.25	kN/m
Peso complessivo SLU	p _{SLU}	39.00	kN/m
Momento SLU	M_{SLU}	21.50	kN m
Taglio SLU	V_{SLU}	40.95	kN
Peso complessivo SLE	p _{SLE}	30.00	kN/m
Momento SLE	M_{SLE}	16.54	kN m
Armatura superiore		Ø12/20	-
Armatura inferiore		Ø20/10	-
Momento resistente	M_{res}	332.80	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		15.48	-
Tensione cls SLE	σ_c	0.95	MPa
Tensione acciaio SLE	σ_α	20.28	MPa
Armatura a taglio dalla		-	-
Armatura a taglio ali		-	-
Taglio resistente	V_{res}	239.86	kN
Coeff. Sicurezza taglio		5.86	-

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

		SPALLA B				
		Dalla pulv.	Dalla pulv.	Dalla travi	Dalla	
Luce netta	L	3.38	3.38	3.38	1.20	m
Spessore elemento	s	0.35	0.35	0.20	0.20	m
Larghezza elemento	b	1.00	1.00	2.30	1.00	m
Altezza ala sinistra	a _{sx}	-	-	0.30	-	m
Altezza ala destra	a _{dx}	-	-	0.30	-	m
Spessore getto 1	h1	2.44	0.90	0.30	0.40	m
Larghezza getto 1 (incluse ali dalla)	B1	1.00	1.00	2.30	1.00	m
Spessore getto 2	h2	0.00	0.00	0.60	0.00	m
Larghezza getto 2	B2	0.00	0.00	3.50	0.00	m
Peso proprio	p _p	8.75	8.75	11.50	5.00	kN/m
Peso getto	p _g	61.00	22.50	69.75	10.00	kN/m
Peso complessivo SLU	p _{SLU}	90.68	40.63	105.63	19.50	kN/m
Momento SLU	M_{SLU}	129.49	58.01	150.84	3.51	kN m
Taglio SLU	V_{SLU}	153.24	68.66	178.51	11.70	kN
Peso complessivo SLE	p _{SLE}	69.75	31.25	81.25	15.00	kN/m
Momento SLE	M_{SLE}	99.61	44.63	116.03	2.70	kN m
Armatura superiore		Φ12/20	Φ12/20	Φ12/20	Φ12/20	-
Armatura inferiore		Φ20/10	Φ20/10	Φ12/20	Φ16/10	-
Momento resistente	M_{res}	332.80	332.80	351.70	39.15	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		2.57	5.74	2.33	11.15	-
Tensione cls SLE	σ_c	5.75	2.58	8.35	0.59	MPa
Tensione acciaio SLE	σ_α	122.10	54.72	154.90	10.69	MPa
Armatura a taglio dalla		-	-	-	-	-
Armatura a taglio ali		-	-	2Φ10/20	-	-
Taglio resistente	V_{res}	239.86	239.86	308.39	182.98	kN
Coeff. Sicurezza taglio		1.57	3.49	1.73	15.64	-

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

		IMPALCATI 1-2		
		Dalla travi	Dalla	
Luce netta	L	5.35	4.10	m
Spessore elemento	s	0.20	0.20	m
Larghezza elemento	b	2.30	1.00	m
Altezza ala sinistra	a _{sx}	0.30	-	m
Altezza ala destra	a _{dx}	0.30	-	m
Spessore getto 1	h1	0.30	0.40	m
Larghezza getto 1 (incluse ali dalla)	B1	2.30	1.00	m
Spessore getto 2	h2	0.60	0.00	m
Larghezza getto 2	B2	6.13	0.00	m
Peso proprio	p _p	11.50	5.00	kN/m
Peso getto	p _g	109.20	10.00	kN/m
Peso complessivo SLU	p _{SLU}	156.91	19.50	kN/m
Momento SLU	M_{SLU}	561.39	40.97	kN m
Taglio SLU	V_{SLU}	419.73	39.98	kN
Peso complessivo SLE	p _{SLE}	120.70	15.00	kN/m
Momento SLE	M_{SLE}	431.84	31.52	kN m
Armatura superiore		Φ12/10	Φ12/20	-
Armatura inferiore		Φ20/10	Φ20/10	-
Momento resistente	M_{res}	772.80	93.64	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		1.38	2.29	-
Tensione cls SLE	σ_c	17.83	6.08	MPa
Tensione acciaio SLE	σ_α	158.90	82.24	MPa
Armatura a taglio dalla		-	-	-
Armatura a taglio ali		2Φ10/10	-	-
Taglio resistente	V_{res}	616.77	239.86	kN
Coeff. Sicurezza taglio		1.47	6.00	-

Le verifiche allo SLU e SLV sono soddisfatte, essendo i coefficienti di sicurezza superiori a 1.00.

La verifica delle tensioni di esercizio è soddisfatta, in quanto:

- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 22.41 MPa;
- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Frequente sono inferiori al valore limite, pari a 16.81 MPa;
- le massime tensioni nell'acciaio in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 360 MPa.

Inoltre, le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione SLD sono inferiori al valore limite prescritto per la combinazione Rara, pari a 22.41 MPa.

Le verifiche a fessurazione sono soddisfatte senza calcolo diretto, in quanto i valori delle tensioni di trazione nelle armature e degli interassi delle barre sono inferiori ai valori desunti dalla Tabella C4.1.II e dalla Tabella C4.1.III di Normativa.

5.7.2 Travi longitudinali

Le travi longitudinali sono realizzate con un getto avente dimensioni 180x90 cm realizzato all'interno di un cassero a perdere avente spessore di 20 cm.

Le sollecitazioni derivanti dal modello sono le seguenti:

		V	M	
		Max	Min	Max
SPALLA A	SLU/SLV	1594	-1911	1755
	SLD	-	-1496	1280
	SLE-Rara	-	-1349	452
	SLE-Freq	-	-1094	342
	SLE-QPerm	-	-610	198
SPALLA B	SLU/SLV	1225	-1887	1077
	SLD	-	-906	742
	SLE-Rara	-	-863	818
	SLE-Freq	-	-664	660
	SLE-QPerm	-	-352	312
IMPALCATI 1-2	SLU/SLV	1243	-2417	2287
	SLD	-	-1322	1026
	SLE-Rara	-	-1781	1642
	SLE-Freq	-	-1121	1040
	SLE-QPerm	-	-861	712
		kN	kN m	kN m

Per semplicità e a favore di sicurezza la verifica viene effettuata considerando resistente il solo getto (sezione 180x90 cm), trascurando il contributo del cassero.

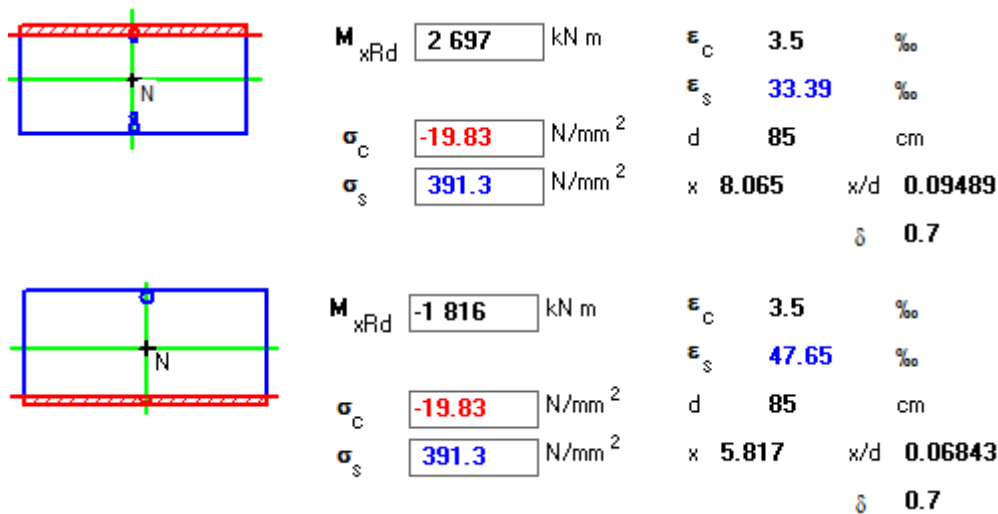
5.7.2.1 Flessione

I momenti di calcolo allo SLU, desunti dal modello agli elementi finiti sono i seguenti:

- $M_{max} = 2287$ kN m in mezzeria
- $M_{min} = -2417$ kN m in corrispondenza dei pali

Viene considerata la seguente armatura:

- 18 Φ 20+10 Φ 20 superiori
- 18 Φ 20+10 Φ 20 inferiori



Il momento resistente positivo è pari a 2697 kN m.

Il momento resistente negativo è pari a -2697 kN m.

La sezione è pertanto verificata, con minimo coefficiente di sicurezza pari a 1.12.

Per le combinazioni allo SLD e allo SLE, si ottengono le seguenti tensioni sui materiali:

M_{SLD}	-1496	1280	kN m
σ_c	5.556	4.312	MPa
σ_α	214.7	166.6	MPa
$M_{SLE-Rara}$	-1781	1642	kN m
σ_c	7.485	6.901	MPa
σ_α	289.2	266.6	MPa
$M_{SLE-Freq}$	-1121	1040	kN m
σ_c	4.711	4.371	MPa
σ_α	182	168.9	MPa

La verifica delle tensioni di esercizio è soddisfatta, in quanto:

- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 22.41 MPa;
- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Frequente sono inferiori al valore limite, pari a 16.81 MPa;
- le massime tensioni nell'acciaio in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 360 MPa.

Inoltre, le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione SLD sono inferiori al valore limite prescritto per la combinazione Rara, pari a 22.41 MPa.

Le verifiche a fessurazione sono soddisfatte senza calcolo diretto, in quanto i valori delle tensioni di trazione nelle armature e degli interassi delle barre sono inferiori ai valori desunti dalla Tabella C4.1.II e dalla Tabella C4.1.III di Normativa.

5.7.2.2 Taglio

Il taglio massimo di calcolo, desunto dal modello agli elementi finiti è:

- $V_{max} = 1594$ kN

La richiesta di taglio V_{Sd} derivante dalla gerarchia delle resistenze è calcolata a partire dalla capacità flessionale M_{Rd} amplificata di un fattore di sovra resistenza, incrementata dell'effetto dei carichi permanenti G_k distribuiti sugli elementi considerati; il fattore di sovra resistenza è calcolato secondo l'espressione [7.9.7] all'interno del §7.9.5 delle NTC2018, ed è pari a $0.7+0.2q = 1.26$; il risultato del calcolo di V_{Sd} è mostrato nella seguente tabella:

	SPALLA A	SPALLA B	IMPALC 1-2	
V_{Rd}	1.26	1.26	1.26	-
G_k	112.17	112.17	168.37	kN/m
L	2.10	3.38	5.35	m
M_{Rd}	2697	2697	2697	kN m
V_{Sd}	3354	2200	1721	kN

Viene considerata la seguente armatura a taglio:

- staffe $\Phi 16/15$ a 9 bracci nelle zone di estremità

taglio massimo agente	V_{Ed}	3354	kN
angolo puntone - asse longitudinale	θ	45	°
diminuire l'angolo θ affinché $1 < \cot \theta < 2.5$	$\cot \theta$	1.00	
diametro	φ_w	16	mm
bracci	br	9	
area armatura a taglio	A_{sw}	1810	mm ²
passo	s_{long}	0.15	m
inclinazione rispetto all'orizzontale	α	90	
rapporto dell'armatura a taglio	ρ_w	0.00635	
resistenza di calcolo a "taglio trazione"	V_{Rsd}	3441	kN
coefficiente maggiorativo	α_c	1.00	
resistenza di calcolo a "taglio compressione"	V_{Rcd}	8622	kN
taglio resistente	V_{Rd}	3441	kN
VERIFICA schiacciamento puntone cls	V_{Ed}	<	V_{rd}

Il taglio resistente è pari a 3441 kN.

La sezione è pertanto verificata con coefficiente di sicurezza pari a 1.03.

5.7.3 Solette

La soletta dell'Impalcato 1, dell'Impalcato 2 e quella dell'estremità delle spalle hanno spessore di 40 cm ed è realizzata su una predalla tralicciata spessa 20 cm e collaborante con il getto; pertanto in direzione trasversale la sezione resistente è costituita dalla predalla più il getto, per un totale di 60 cm, mentre in direzione longitudinale dal solo getto, in quanto non vi è continuità strutturale tra le predalle accostate tra loro.

La soletta della Pila Centrale e quella della parte delle spalle in corrispondenza degli appoggi sono realizzate su un cassero collaborante avente spessore di 35 cm; tale elemento è unico per ciascuna spalla o pila, e pertanto il suo contributo può essere tenuto in considerazione anche in fase definitiva in entrambe le direzioni.

5.7.3.1 Flessione

Si riportano di seguito per ciascuna tipologia di soletta le caratteristiche geometriche, le sollecitazioni flessionali desunte dal modello agli elementi finiti, avendo mediato i valori su una larghezza di 50 cm, le armature e i risultati delle verifiche.

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

		SPALLA A								
		Soletta				Soletta zona appoggi				
		M long		Mtrasv		M long		Mtrasv		
		M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	
Spessore getto	h	0.40		0.40		0.45		0.45		m
Spessore dalla	s	-		0.20		0.35		0.35		m
Larghezza elemento	b	1.00		1.00		1.00		1.00		m
Armatura superiore getto		Φ24/10		Φ20/20		Φ20/10		Φ20/10		-
Armatura inferiore getto		Φ24/10		Φ16/20		Φ20/20		Φ20/20		-
Armatura superiore dalla		-		Φ12/20		Φ12/20		Φ12/20		-
Armatura inferiore dalla		-		Φ16/10		Φ20/10		Φ20/10		-
Momento SLU	M _{SLU}	377.00		343.00		678.00	-430.00	535.00		kN m
Momento resistente	M _{res}	555.00	623.40	432.20		1117.00	1077.00	1117.00	1077.00	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		1.47	1.82	1.26		1.65	2.50	2.09	2.01	-
Momento SLE-Rara/SLD	M _{SLE}	306.00		227.00		463.00	-408.00	479.00		kN m
Tensione cls SLE-Rara-SLD	σ _c	9.22	5.07	5.78		5.62	4.56	5.30	5.35	MPa
Tensione acciaio SLE-Rara-SLD	σ _α	223.00	174.20	266.80		195.60	177.70	199.80	208.70	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	-	0.59			0.64		0.64		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	-	10.69			13.52		13.52		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Rara/SLD	σ _c	9.22	5.07	6.37		5.62	5.20	5.30	5.99	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Rara/SLD	σ _α	223.00	184.89	266.80		209.12	177.70	213.32	208.70	MPa
Momento SLE-Frequente	M _{SLE}	230.00		135.00		375.00	-76.00	147.00		kN m
Tensione cls SLE-Frequente	σ _c	6.93	3.01	3.44		4.55	0.85	1.63	1.64	MPa
Tensione acciaio SLE-Frequente	σ _α	167.60	103.60	158.70		158.40	33.11	61.32	64.03	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	-	0.59			0.64		0.64		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	-	10.69			13.52		13.52		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Frequente	σ _c	6.93	3.01	4.03		4.55	1.49	1.63	2.28	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Frequente	σ _α	167.60	114.29	158.70		171.92	33.11	74.84	64.03	MPa

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

		PILA				
		Soletta				
		M long		Mtrasv		
		M+	M-	M+	M-	
Spessore getto	h	0.85		0.85		m
Spessore dalla	s	0.35		0.35		m
Larghezza elemento	b	1.00		1.00		m
Armatura superiore getto		Ø20/20		Ø20/20		-
Armatura inferiore getto		Ø20/20		Ø20/20		-
Armatura superiore dalla		Ø12/20		Ø12/20		-
Armatura inferiore dalla		Ø20/10		Ø20/10		-
Momento SLU	M _{SLU}	468.00		364.00		kN m
Momento resistente	M _{res}	2025.00	970.50	2025.00	970.50	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		4.33	2.07	5.56	2.67	-
Momento SLE-Rara/SLD	M _{SLE}	377.00		279.00		kN m
Tensione cls SLE-Rara/SLD	σ _c	2.22	2.94	1.64	2.17	MPa
Tensione acciaio SLE-Rara/SLD	σ _α	88.08	205.80	65.19	152.30	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	0.95		0.95		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	20.28		20.28		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Rara/SLD	σ _c	2.22	3.89	1.64	3.13	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Rara/SLD	σ _α	108.36	205.80	85.47	152.30	MPa
Momento SLE-Frequente	M _{SLE}	125.00		145.00		kN m
Tensione cls SLE-Frequente	σ _c	0.74	0.97	0.85	1.13	MPa
Tensione acciaio SLE-Frequente	σ _α	29.21	68.24	33.88	79.16	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	0.95		0.95		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	20.28		20.28		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Frequente	σ _c	0.74	1.93	0.85	2.08	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Frequente	σ _α	49.49	68.24	54.16	79.16	MPa

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

		SPALLA B								
		Soletta				Soletta zona appoggi				
		M long		Mtrasv		M long		Mtrasv		
		M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	
Spessore getto	h	0.40		0.40		0.90		0.90		m
Spessore dalla	s	-		0.20		0.35		0.35		m
Larghezza elemento	b	1.00		1.00		1.00		1.00		m
Armatura superiore getto		Φ24/10		Φ20/20		Φ20/20		Φ20/20		-
Armatura inferiore getto		Φ24/10		Φ16/20		Φ20/20		Φ20/20		-
Armatura superiore dalla		-		Φ12/20		Φ12/20		Φ12/20		-
Armatura inferiore dalla		-		Φ16/10		Φ20/10		Φ20/10		-
Momento SLU	M _{SLU}	312.00		312.00		698.00		719.00		kN m
Momento resistente	M _{res}	555.00		623.40	432.20	2129.00	1001.00	2129.00	1001.00	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		1.78		2.00	1.39	3.05		2.96		-
Momento SLE-Rara/SLD	M _{SLE}	293.00		225.00		500.00		530.00		kN m
Tensione cls SLE-Rara-SLD	σ _c	8.82		5.02	5.73	3.37	3.65	2.90	3.87	MPa
Tensione acciaio SLE-Rara-SLD	σ _α	213.60		172.70	264.50	174.80	263.20	117.30	278.90	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	-		0.59		2.58		2.58		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	-		10.69		54.72		54.72		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Rara/SLD	σ _c	8.82		5.02	6.32	3.37	6.22	2.90	6.44	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Rara/SLD	σ _α	213.60		183.39	264.50	229.52	263.20	172.02	278.90	MPa
Momento SLE-Frequente	M _{SLE}	208.00		131.00		146.00		89.00		kN m
Tensione cls SLE-Frequente	σ _c	6.26		2.92	3.33	0.80	1.07	0.49	0.65	MPa
Tensione acciaio SLE-Frequente	σ _α	151.60		100.60	154.00	32.30	76.84	19.69	46.84	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	-		0.59		2.58		2.58		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	-		10.69		54.72		54.72		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Frequente	σ _c	6.26		2.92	3.93	0.80	3.64	0.49	3.23	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Frequente	σ _α	151.60		111.29	154.00	87.02	76.84	74.41	46.84	MPa

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

		IMPALCATI 1-2				
		Soletta				
		M long		Mtrasv		
		M+	M-	M+	M-	
Spessore getto	h	0.40		0.40		m
Spessore dalla	s	-		0.20		m
Larghezza elemento	b	2.30		2.30		m
Armatura superiore getto		Ø20/10		Ø20/20		-
Armatura inferiore getto		Ø20/10		Ø16/20		-
Armatura superiore dalla		-		Ø12/20		-
Armatura inferiore dalla		-		Ø20/10		-
Momento SLU	M _{SLU}	328.00		265.00		kN m
Momento resistente	M _{res}	392.90		840.70	432.20	kN m
Coeff. Sicurezza flessione		1.20		3.17	1.63	-
Momento SLE-Rara/SLD	M _{SLE}	263.00		187.00		kN m
Tensione cls SLE-Rara/SLD	σ _c	9.69		3.64	4.44	MPa
Tensione acciaio SLE-Rara/SLD	σ _α	273.10		102.70	218.50	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	-		6.08		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	-		82.24		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Rara/SLD	σ _c	9.69		3.64	10.52	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Rara/SLD	σ _α	273.10		184.94	218.50	MPa
Momento SLE-Frequente	M _{SLE}	178.00		136.00		kN m
Tensione cls SLE-Frequente	σ _c	6.56		2.65	3.23	MPa
Tensione acciaio SLE-Frequente	σ _α	184.80		74.65	158.90	MPa
Tensione cls SLE - fase getto	σ _c	-		6.08		MPa
Tensione acciaio SLE - fase getto	σ _α	-		82.24		MPa
Tensione complessiva cls SLE-Frequente	σ _c	6.56		2.65	9.31	MPa
Tensione complessiva acciaio SLE-Frequente	σ _α	184.80		156.89	158.90	MPa

Le verifiche allo SLU e SLV sono soddisfatte, essendo i coefficienti di sicurezza superiori a 1.00.

La verifica delle tensioni di esercizio è soddisfatta, in quanto:

- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 22.41 MPa;
- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Frequente sono inferiori al valore limite, pari a 16.81 MPa;
- le massime tensioni nell'acciaio in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 360 MPa.

Inoltre, le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione SLD sono inferiori al valore limite prescritto per la combinazione Rara, pari a 22.41 MPa.

Le verifiche a fessurazione sono soddisfatte senza calcolo diretto, in quanto i valori delle tensioni di trazione nelle armature e degli interassi delle barre sono inferiori ai valori desunti dalla Tabella C4.1.II e dalla Tabella C4.1.III di Normativa.

5.7.3.2 Taglio

Si riportano di seguito per ciascuna tipologia di soletta le caratteristiche geometriche, le sollecitazioni taglianti desunte dal modello agli elementi finiti, avendo mediato i valori su una larghezza di 50 cm, le armature e i risultati delle verifiche.

SPALLA A						
		Soletta		Soletta zona appoggi		
		V long	V trasv	V long	V trasv	
Spessore getto	h	0.40	0.40	0.45	0.45	m
Spessore dalla	s	-	0.20	0.35	0.35	m
Larghezza elemento	b	1.00	1.00	1.00	1.00	m
Armatura a taglio		3Φ14/20	2Φ14/20	2Φ14/20	3Φ14/20	-
Armatura a taglio complessiva		5Φ14/20		5Φ14/20		-
Taglio SLU	V_{SLU}	504.00	604.00	522.00	976.00	kN
Taglio resistente	V_{res}	732.00	732.00	975.00	1463.00	kN
Coeff. Sicurezza taglio		1.45	1.21	1.87	1.50	-

PILA				
		Soletta		
		V long	V trasv	
Spessore getto	h	0.85	0.85	m
Spessore dalla	s	0.35	0.35	m
Larghezza elemento	b	1.00	1.00	m
Armatura a taglio		2Φ14/40	3Φ14/40	-
Armatura a taglio complessiva		5Φ14/40		-
Taglio SLU	V_{SLU}	549.00	949.00	kN
Taglio resistente	V_{res}	732.00	1097.00	kN
Coeff. Sicurezza taglio		1.33	1.16	-

SPALLA B						
		Soletta		Soletta zona appoggi		
		V long	V trasv	V long	V trasv	
Spessore getto	h	0.40	0.40	0.90	0.90	m
Spessore dalla	s	-	0.20	0.35	0.35	m
Larghezza elemento	b	1.00	1.00	1.00	1.00	m
Armatura a taglio		2.5Φ14/20	2.5Φ14/20	3Φ14/40	2Φ14/40	-
Armatura a taglio complessiva		5Φ14/20		5Φ14/40		-
Taglio SLU	V_{SLU}	314.00	503.00	959.00	677.00	kN
Taglio resistente	V_{res}	406.00	610.00	1143.00	762.00	kN
Coeff. Sicurezza taglio		1.29	1.21	1.19	1.13	-

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

		IMPALCATI 1-2		
		Soletta		
		V long	V trasv	
Spessore getto	h	0.40	0.40	m
Spessore dalla	s	-	0.20	m
Larghezza elemento	b	2.30	2.30	m
Armatura a taglio		3Φ14/40	2Φ14/40	-
Armatura a taglio complessiva		5Φ14/40		-
Taglio SLU	V _{SLU}	272.00	288.00	kN
Taglio resistente	V _{res}	366.00	366.00	kN
Coeff. Sicurezza taglio		1.35	1.27	-

Le verifiche allo SLU e SLV sono soddisfatte, essendo i coefficienti di sicurezza superiori a 1.00.

5.7.4 Pali

I pali hanno diametro D = 1200 mm e sono realizzati all'interno di una camicia in acciaio.

Le sollecitazioni derivanti dal modello agli elementi finiti sono riportate di seguito:

	Comb.	N _{max}	N _{min}	V _{max}	M _{max}
Spalla A	SLU	89	-4371	168	1153
	SLV	508	-3430	365	2103
	SLV	-382	-818	365	2265
	SLD	299	-3215	-	1604
	SLD	-215	-1044	-	1750
	SLE-Rara	2	-4143	-	876
	SLE-Freq	-158	-3055	-	751
Pila	SLU	-1141	-3474	68	379
	SLV	-165	-3573	318	1693
	SLD	-601	-3131	-	1461
	SLE-Rara	-1322	-3217	-	259
	SLE-Freq	-1555	-2277	-	77
Spalla B	SLU	58	-2775	127	936
	SLV	15	-2259	305	2068
	SLD	-93	-2015	-	1682
	SLE-Rara	-82	-2512	-	665
	SLE-Freq	-220	-1866	-	486
Impalcato 1-2	SLU	73	-2915	231	1724
	SLV	119	-1890	374	2124
	SLD	-24	-1736	-	1765
	SLE-Rara	-94	-2455	-	1230
	SLE-Freq	-232	-1864	-	820
		kN	kN	kN	kN m

$N < 0$ se di compressione.

Per semplicità e a favore di sicurezza per i pali dei diversi elementi strutturali sono stati assunti i valori massimi delle sollecitazioni.

A favore di sicurezza, ai fini delle verifiche viene trascurato il contributo resistente della camicia in acciaio.

5.7.4.1 Pressoflessione

Concordemente a quanto riportato nel §7.2.5 delle NTC2018, le sollecitazioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera, assumendo come azione in fondazione quella trasferita dagli elementi soprastanti, amplificata di un coefficiente pari a 1.30 in CD "A".

A favore di sicurezza, essendo state considerate le sollecitazioni massime, vengono effettuate le verifiche nelle due condizioni:

- N massimo (massima trazione o minima compressione) con M massimo
- N minimo (massima compressione) con M massimo

Per semplicità, i coefficienti di sicurezza allo SLU sono determinati dividendo il momento resistente M_{Rd} per il momento di calcolo derivante dal modello agli elementi finiti M_{max} non amplificati, verificando a posteriori che tale rapporto sia sempre superiore a 1.30. I risultati delle verifiche sono mostrati di seguito:

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

	Armatura	Comb.	Combinazione Nmax-Mmax				Combinazione Nmin-Mmax			
			M _{Rd}	Coeff.sic.	σ _c	σ _α	M _{Rd}	Coeff.sic.	σ _c	σ _α
Spalla A	32Φ26	SLU	3003	2.60	-	-	4211	3.65	-	-
		SLV	2859	1.36	-	-	4011	1.91	-	-
		SLV	3162	1.40	-	-	3306	1.46	-	-
		SLD	-	-	10.67	321.60	-	-	11.14	122.20
		SLD	-	-	11.84	315.80	-	-	12.03	263.90
		SLE-Rara	-	-	5.89	165.10	-	-	6.88	7.05
		SLE-Freq	-	-	5.10	131.30	-	-	5.61	13.57
Pila	32Φ26	SLU	3496	9.22	-	-	4020	10.61	-	-
		SLV	3089	1.82	-	-	4042	2.39	-	-
		SLD	-	-	10.00	237.00	-	-	10.16	1028.00
		SLE-Rara	-	-	2.10	0.83	-	-	3.46	0.00
		SLE-Freq	-	-	1.46	0.00	-	-	1.98	0.00
Spalla B	32Φ26	SLU	3013	3.22	-	-	3862	4.13	-	-
		SLV	3028	1.46	-	-	3726	1.80	-	-
		SLD	-	-	11.34	310.80	-	-	11.66	194.90
		SLE-Rara	-	-	4.50	120.00	-	-	4.88	15.50
		SLE-Freq	-	-	3.33	77.58	-	-	3.58	10.76
Impalcati 1-2	32Φ26	SLU	3008	1.74	-	-	3895	2.26	-	-
		SLV	2992	1.41	-	-	3624	1.71	-	-
		SLD	-	-	11.88	330.90	-	-	12.22	225.80
		SLE-Rara	-	-	8.30	225.60	-	-	8.55	94.15
		SLE-Freq	-	-	5.59	139.60	-	-	5.71	53.44
			kN m	-	MPa	MPa	kN m	-	MPa	MPa

Le verifiche allo SLU e SLV sono soddisfatte, essendo i coefficienti di sicurezza superiori a 1.30.

La verifica delle tensioni di esercizio è soddisfatta, in quanto:

- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 22.41 MPa;
- le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione Frequente sono inferiori al valore limite, pari a 16.81 MPa;
- le massime tensioni nell'acciaio in combinazione Rara sono inferiori al valore limite, pari a 360 MPa.

Inoltre, le massime tensioni nel calcestruzzo in combinazione SLD sono inferiori al valore limite prescritto per la combinazione Rara, pari a 22.41 MPa.

Le verifiche a fessurazione sono soddisfatte senza calcolo diretto, in quanto i valori delle tensioni di trazione nelle armature e degli interassi delle barre sono inferiori ai valori desunti dalla Tabella C4.1.II e dalla Tabella C4.1.III di Normativa.

La presenza della camicia metallica, non tenuta in conto ai fini delle verifiche, conferisce una maggiore capacità resistente e consente il rispetto delle prescrizioni di normativa (§7.2.5 NTC2018) riguardo la duttilità.

5.7.4.2 Taglio

Il taglio massimo derivante dal modello agli elementi finiti è il seguente:

- $V_{\max} = 374 \text{ kN}$

Concordemente a quanto riportato nel §7.2.5 delle NTC2018, le sollecitazioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera, assumendo come azione in fondazione quella trasferita dagli elementi soprastanti, amplificata di un coefficiente pari a 1.30 in CD "A". La domanda di taglio pertanto è:

- $V_{\text{Ed}} = 374 \times 1.30 = 486 \text{ kN}$

Il §7.2.5 delle NTC2018 prescrive che la capacità di taglio debba essere almeno pari a 1.3 volte la corrispondente domanda. Pertanto, occorre verificare che il coefficiente di sicurezza a taglio, tenendo conto della domanda già amplificata, sia superiore a 1.3.

Viene considerata la seguente armatura trasversale:

- spirale $\Phi 14/10$.

Tale armatura viene considerata per il 75% per la verifica a taglio e per il 25% per il soddisfacimento dei requisiti sul confinamento di cui al §7.9.6 delle NTC2018.

VERIFICA ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI A TAGLIO			
taglio massimo agente	V_{Ed}	486	kN
angolo puntone - asse longitudinale	θ	45	°
cotangente dell'angolo θ ($1 < \cot \theta < 2.5$)	$\cot \theta$	1.00	
diametro	φ_w	14	mm
bracci	br	2	
area armatura trasversale	A_{sw}	308	mm ²
passo	s_{long}	0.10	m
percentuale armatura considerata per il taglio		75	%
inclinazione rispetto all'orizzontale	α	90	
rapporto dell'armatura a taglio	ρ_w	0.00192	
resistenza di calcolo a "taglio trazione"	V_{Rsd}	732	kN
coefficiente maggiorativo	α_c	1.00	
resistenza di calcolo a "taglio compressione"	V_{Rcd}	6051	kN
taglio resistente	V_{Rd}	732	kN
VERIFICA schiacciamento puntone cls	V_{Ed}	<	V_{rd}

Il taglio resistente è pari a 732 kN/m.

Il coefficiente di sicurezza a taglio è pari a 1.51. La sezione è pertanto verificata.

Il §7.2.5 delle NTC2018 prescrive che per i pali venga inserita un'armatura longitudinale non inferiore allo 0.3% dell'area della sezione trasversale del palo e un'armatura trasversale costituita da staffe o spirali di diametro non inferiore a 8 mm e oassi non superiore a 8 volte il diametro delle barre longitudinali.

Il §7.9.6 delle NTC2018 indica i requisiti relativi al confinamento che devono essere rispettati; in particolare:

$$\omega_{wd,r} \geq \max(\omega_{w,req}; 0,67 \cdot \omega_{w,min}) \quad [7.9.15]$$

$$\text{con } \omega_{w,req} = \frac{A_c}{A_{cc}} \cdot \lambda \cdot v_k + 0,13 \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} (\rho_L - 0,01) \quad \text{e} \quad \omega_{wd,c} = \frac{4A_{sp}}{D_{sp} \cdot s} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Di seguito vengono mostrati il soddisfacimento dei requisiti sopra riportati ed il significato dei simboli delle formule.

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

Diametro	D	1.2	m	
Copriferro	c	60	mm	
Area sezione	A_c	1.130973	m ²	
Area minima armatura	$A_{a,min}$	11309.73	mm ²	
Diametro armatura long.	Φ_{long}	26	mm	
Numero barre	n	32		
Area armatura long.	A_a	16989.73	mm ²	OK
rapporto geometrico armatura longitudinale	ρ_l	0.015022		
Passo massimo armatura trasv.	s_{max}	156	mm	
Diametro armatura trasversale	ϕ_{st}	12	mm	
Passo massimo armatura confinamento	s	100	mm	OK
Fattore di comportamento	q	2.8		
Fattore di sovraresistenza	γ_{Rd}	1.26		
Compressione massima sism. palo	N	4371	kN	
	f_{ck}	35	MPa	
Sollecitazione compr. Normalizzata	v_k	0.110423		
Area nucleo confinato	A_{cc}	0.895844	m ²	
	λ	0.37		
	$\omega_{w,min}$	0.18		
	$\omega_{w,req}$	0.062529		
Percentuale mecc. Min. armatura confinamento	$\omega_{w,c min}$	0.18		
Diametro armatura per confinamento	ϕ_{conf}	12	mm	
Diametro circonferenza confinata	D_{sp}	1068	mm	
Percentuale armatura trasv. Per taglio		75	%	
Area armatura per confinamento	A_{sp}	30000	mm ²	
Percentuale mecc. armatura confinamento	$\omega_{wd,c}$	0.188427		OK
Passo max armatura trasversale per confinamento	s_l	156	mm	OK

6 DIMENSIONAMENTO DEI GIUNTI E DELLA CORSA DEGLI APPOGGI

Gli appoggi mobili devono essere dimensionati per consentire lo spostamento relativo tra le due parti della struttura da essi collegate, sotto l'azione sismica corrispondente allo SLC.

Concordemente al §7.3.3.3 delle NTC2018:

- gli spostamenti d_E sotto l'azione sismica di progetto relativa allo SLV si ottengono moltiplicando per il fattore di duttilità in spostamento μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare; nel caso in esame, $\mu_d = q$
- gli spostamenti allo SLC si possono ottenere, in assenza di più accurate valutazioni che considerino l'effettivo rapporto delle coordinate spettrali in spostamento, moltiplicando per 1.25 gli spostamenti allo SLV.

Si ottiene, dunque:

	Analisi lineare				SLV	SLC
	Spostamento impalcato	Spostamento sottostruttura	Spostamento relativo	μ_d	Spostamento relativo (§7.3.3.3 NTC2018)	Spostamento relativo (§7.3.3.3 NTC2018)
Appoggi pila centrale	32.3	15.3	47.6	2.8	133.28	166.60
Appoggi spalla B e giunto	32.3	24.2	56.5	2.8	158.20	197.75
	mm	mm	mm		mm	mm

Gli spostamenti allo SLD sono:

	Analisi lineare				SLD
	Spostamento impalcato	Spostamento sottostruttura	Spostamento relativo	μ_d	Spostamento relativo (§7.3.3.3 NTC2018)
Appoggi pila centrale	21.6	10.4	32	1.5	48.00
Appoggi spalla B e giunto	21.6	16.7	38.3	1.5	57.45
	mm	mm	mm		mm

7 SPOSTAMENTI IN DIREZIONE TRASVERSALE

Per quanto riguarda i riferimenti normativi, si fa riferimento a quanto già riportato nel capitolo precedente.

Gli spostamenti in direzione trasversale per i differenti stati limite sono i seguenti:

	Spostamento trasversale dall'analisi lineare SLV	μ_d	Spostamento trasversale SLV	Spostamento trasversale SLC
Spalla A	22.2	2.8	62.16	77.70
Pila centrale	28.4	2.8	79.52	99.40
Spalla B	36.5	2.8	102.20	127.75
	mm		mm	mm

	Spostamento trasversale dall'analisi lineare SLD	μ_d	Spostamento trasversale SLD
Spalla A	15.5	1.5	23.25
Pila centrale	19.9	1.5	29.85
Spalla B	25.6	1.5	38.40
	mm		mm

8 VERIFICA A CARICO LIMITE DEI PALI

Nei seguenti paragrafi si riporta una breve trattazione teorica relativa alla determinazione del carico limite e i risultati ottenuti in fase di verifica.

8.1 VERIFICA A CARICO LIMITE VERTICALE

8.1.1 Determinazione del carico limite verticale

Il carico limite per forze verticali di compressione del singolo palo è dato dalla somma della resistenza laterale Q_l e della resistenza alla punta Q_p :

$$R_{c,cal} = Q_{vlim} = Q_p + Q_l$$

In generale per un mezzo dotato di coesione e attrito si pone:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (N_c c + N_q \sigma_{vL})$$

dove q_p è la portata specifica di base, A_p è l'area di base del palo, σ_{vL} è la tensione verticale agente alla profondità della base del palo, N_q e N_c sono i fattori di capacità portante.

La resistenza laterale Q_l si determina con la seguente espressione:

$$Q_l = \pi D \int_0^L \tau_{lim}(z) dz$$

dove:

- D è il diametro del palo;
- L è la lunghezza del palo;
- $\tau(z)$ è la resistenza tangenziale all'interfaccia del palo.

TERRENI INCOERENTI

Nel caso di terreni incoerenti il carico limite si valuta in condizioni drenate. Si ha pertanto $c'=0$ e $\sigma_{vL}=\sigma'_{vL}$

L'espressione della resistenza alla punta Q_p diventa allora:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (N_q \sigma'_{vL})$$

il coefficiente di carico limite N_q per pali di grande diametro può essere determinato dall'abaco di Berenzantzev (funzione dell'angolo di resistenza a taglio φ' del terreno ubicato al di sotto della punta della colonna e del rapporto lunghezza/diametro della colonna L/D) e σ'_{vL} la tensione verticale efficace agente alla quota della punta della colonna (al di fuori dell'area di impronta della colonna).

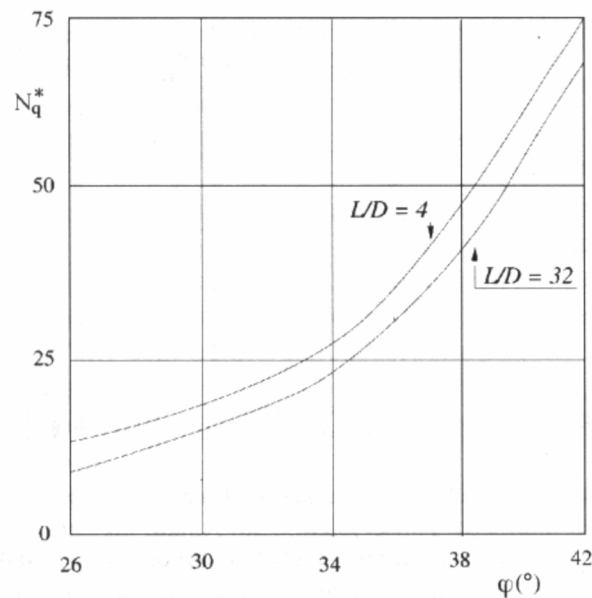


Figura 37 – Abaco di Berenzantzev per pali di grande diametro

La resistenza all'interfaccia palo terreno $\tau_{lim}(z)$, può essere determinata come segue:

$$\tau_{lim}(z) = k\mu\sigma'_{vz}$$

dove:

- k è un coefficiente che esprime il rapporto tra la tensione verticale litostatica e la tensione orizzontale al contatto palo-terreno, ed è legato alle modalità esecutive e alle proprietà del terreno: per i pali battuti il valore di k cresce ed al massimo può essere posto pari alla resistenza passiva del terreno;
- μ è il coefficiente di attrito che dipende dalla scabrezza all'interfaccia palo-terreno;
- σ'_{vz} è la tensione litostatica alla profondità z .

Il coefficiente k e μ possono essere dedotti a partire dalla tabella seguente:

Tipo di palo	Valori di k per stato di addensamento		Valori di μ
	sciolto	denso	
Battuto: Profilato d'acciaio	0,7	1,0	$\text{tg}20^\circ = 0,36$
Tubo d'acciaio chiuso	1,0	2,0	
Calcestruzzo prefabbricato	1,0	2,0	$\text{tg}(3\phi/4)$
Calcestruzzo gettato in opera	1,0	3,0	
Trivellato	0,5	0,4	$\text{tg}\phi$
Trivellato-pressato con elica continua	0,7	0,9	$\text{tg}\phi$

Tabella 5–Valori di k e μ

Trattandosi di terreni incoerenti, e considerati i valori di interasse longitudinale e trasversale, non è stato considerato alcun effetto di gruppo.

8.1.2 Criteri di verifica previste ai sensi delle NTC2018

Le verifiche dei pali vengono eseguite considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Il valore caratteristico della resistenza a compressione R_{ck} (o a trazione R_{tk}) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione ξ_3 , ξ_4 riportati nella tabella 6.4.IV delle NTC alle resistenze limite R_{cal} ($\equiv Q_{tot}^{lim}$) calcolate con la metodologia illustrata prima:

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

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

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

I calcoli sono condotti considerando un numero di verticali indagate pari a due, per cui si ha:

$$\xi_3=1,65$$

$$\xi_4=1,55$$

La resistenza di progetto (R_d) si otterrà applicando alla resistenza caratteristica il coefficiente parziale per pali trivellati, γ_R , desumibile dalla Tab. 6.4.II del D.M. 17/01/2018.

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Le verifiche a carico limite verticale vengono condotte sia nei confronti delle sollecitazioni di compressione che nei confronti delle sollecitazioni di trazione.

Nel dettaglio, per la verifica a carico limite di compressione $Q_{lim,v,d gr}$, la resistenza alla punta di progetto $Q_{p,d}$ e la resistenza laterale di progetto $Q_{l,d}$ sono state ottenute abbattendo i valori caratteristici mediante i seguenti coefficienti, validi per pali trivellati:

$$\gamma_b=1,35 \quad \text{Base}$$

$$\gamma_s=1,15 \quad \text{Laterale in compressione}$$

Per la verifica a carico limite verticale di trazione $Q_{lim,v,d gr}$ il contributo relativo alla resistenza alla punta è nullo e si considera solo il contributo dato dalla resistenza laterale. Il carico limite verticale di progetto $Q_{l,d}$ è stato ottenuto abbattendo il valore caratteristico mediante il seguente coefficiente, valido per pali trivellati:

$$\gamma_{st}=1,25 \quad \text{Laterale in trazione}$$

8.1.3 Azioni di progetto

Nel presente paragrafo vengono riassunte le azioni di progetto per le verifiche a carico limite verticale dei pali.

In Tabella 6 e Tabella 7 sono riportate le sollecitazioni ottenute attraverso il modello FEM (vedi paragrafo §5) in riferimento alle combinazioni di carico allo SLU ed allo SLV.

SPALLA A				
SOLLECITAZIONE	COMBINAZIONE			U.M.
	STATICA	SISMA X	SISMA Y	
P _{min}	-4371	-3430	-3383	[kN]
P _{max}	-70	350	152	[kN]

SPALLA B				
SOLLECITAZIONE	COMBINAZIONE			U.M.
	STATICA	X	Y	
P _{min}	-2775	-1952	-2259	[kN]
P _{max}	-178	-248	-219	[kN]

PILA CENTRALE				
SOLLECITAZIONE	COMBINAZIONE			U.M.
	STATICA	SISMA X	SISMA Y	
P _{min}	-3474	-2818	-3573	[kN]
P _{max}	-1260	-1024	-282	[kN]

Tabella 6 – Sintesi delle sollecitazioni da calcolo FEM

IMPALCATO 1				
SOLLECITAZIONE	COMBINAZIONE			U.M.
	STATICA	SISMA X	SISMA Y	
P _{min}	-2915	-1618	-1863	[kN]
P _{max}	-179	-239	-226	[kN]

IMPALCATO 2				
SOLLECITAZIONE	COMBINAZIONE			U.M.
	STATICA	X	Y	
P _{min}	-2821	-1575	-1890	[kN]
P _{max}	-50	-3	-142	[kN]

Tabella 7 - Sintesi delle sollecitazioni da calcolo FEM

L'azione verticale di calcolo sul singolo palo viene dunque valutata a partire dalle sollecitazioni sopra riportate e tenendo conto del peso della camicia dei pali (non considerato nel modello FEM) e della spinta di Archimede agente sulla parte sommersa dei pali.

Nelle combinazioni di carico sismiche, in accordo con quanto prescritto dalle NTC al paragrafo §7.2.5, l'azione trasmessa in fondazione ottenuta dal modello numerico N_{FEM} viene amplificata di un coefficiente pari a 1,30.

Tenendo conto dei coefficienti parziali sulle azioni per ciascuna combinazione di carico, l'azione verticale di calcolo N_{ed} per le verifiche a carico limite di compressione e di trazione viene valutata come segue:

CARICO LIMITE DI COMPRESSIONE – SLU	$N_{ed} = N_{FEM} + \gamma_G \cdot N_{cam} - S_{Arch}$
CARICO LIMITE DI COMPRESSIONE – SLV	$N_{ed} = 1,3 \cdot N_{FEM} + N_{cam} - S_{Arch}$
CARICO LIMITE DI TRAZIONE – SLU	$N_{ed} = N_{FEM} + \gamma_G \cdot S_{Arch} - N_{cam}$
CARICO LIMITE DI TRAZIONE – SLV	$N_{ed} = 1,3 \cdot N_{FEM} + S_{Arch} - N_{cam}$

In Tabella 8 vengono riportati le quote fondale di progetto considerate ai fini della valutazione della spinta di Archimede agente sui pali.

PALIFICATA	QUOTA FONDALE m s.l.m.
SPALLA A	- 5.75
SPALLA B	- 7
PILA CENTRALE	- 8
IMPALCATO 1	- 7
IMPALCATO 2	- 7

Tabella 8 – Quote fondale per la valutazione della spinta di Archimede

8.1.4 Risultati

Nei paragrafi che seguono si riportano i calcoli relativi alle verifiche a carico limite verticale dei pali, mentre in Tabella 9 si sintetizzano i risultati ottenuti. Come è possibile osservare, per tutti i casi considerati il coefficiente di sicurezza è maggiore di quello richiesto dalla normativa, dunque le verifiche risultano soddisfatte.

VERIFICHE CARICO LIMITE VERTICALE		FS [-]		
ELEMENTO	VERIFICA	STATICA	SISMA X	SISMA Y
SPALLA A	COMPRESSIONE	1,34	1,32	1,34
	TRAZIONE	-	2,52	4,23
SPALLA B	COMPRESSIONE	2,16	2,41	2,06
	TRAZIONE	-	-	-
PILA CENTRALE	COMPRESSIONE	1,70	1,63	1,27
	TRAZIONE	-	-	-
IMPALCATO 1	COMPRESSIONE	1,81	2,35	2,02
	TRAZIONE	-	-	-
IMPALCATO 2	COMPRESSIONE	1,69	2,42	1,98
	TRAZIONE	-	-	-

Tabella 9 – Verifiche carico limite verticale – Sintesi coefficienti di sicurezza

8.1.4.1 Spalla A

Carico limite verticale di compressione di calcolo

Terreno			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_1 =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza a taglio	$\phi'_1 =$	37,00	[°]
Lunghezza palo	$L_1 =$	22,00	[m]

Tensione efficace verticale del Terreno	$\sigma'_{vL1} =$	220,00	[kN/m ²]
Resistenza laterale Terreno	$Q_{l1} =$	3.320,57	[kN]
	$L/D =$	18,33	[-]
	$N_q =$	35,00	
Tensione efficace verticale alla punta	$\sigma'_{vL} =$	220,00	[kN/m ²]
	$p_{lim} =$	7.700,00	[kN/m ²]
Resistenza alla punta	$Q_p =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale	$Q_l =$	3.320,57	[kN]
Carico limite verticale di calcolo	$Q_{lim,v,cal} =$	12.029,06	[kN]

Carico limite verticale di compressione caratteristico

Resistenza alla punta Verticale 1	$Q_{p,1} =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale Verticale 1	$Q_{l,1} =$	3.320,57	[kN]
Resistenza alla punta Verticale 2	$Q_{p,2} =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale Verticale 2	$Q_{l,2} =$	3.320,57	[kN]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3 =$	1,65	[-]
	$\xi_4 =$	1,55	[-]
Resistenza alla punta caratteristica	$Q_{p,k} =$	5.277,88	[kN]
Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Carico limite verticale caratteristico	$Q_{lim,v,k} =$	7.290,34	[kN]

Carico limite verticale di compressione di progetto

Coeff. Resistenza alla punta	$\gamma_b =$	1,35	[-]
Coeff. Resistenza laterale in compressione	$\gamma_s =$	1,15	[-]
Resistenza alla punta di progetto	$Q_{p,d} =$	3.909,54	[kN]
Resistenza laterale di progetto	$Q_{l,d} =$	1.749,97	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,v,d} =$	5.659,51	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5.659,51	[kN]

Carico limite verticale di trazione di progetto

Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Coeff. Resistenza laterale in trazione	$\gamma_{s3} =$	1,25	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo	$Q_{l,d} =$	1.609,97	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	1.609,97	[kN]

Verifica carico limite verticale di compressione

VERIFICA CARICO LIMITE VERTICALE DI COMPRESSIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
Azione verticale agente sul singolo palo da FEM	$N_{FEM} =$	-4371,2	-3430,4	-3382,9	[kN]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	$\gamma =$	1,00	1,30	1,30	[-]
Azione verticale agente sul singolo palo	$ N =$	4.371,17	4.459,57	4.397,78	[kN]
Peso proprio camicia del palo	$N_{cam} =$	174,16	133,97	133,97	[kN]
Spinta Archimede su palo immerso	$S_{Arch} =$	316,82	316,82	316,82	[kN]
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	$ N_{ed} =$	4.228,51	4.276,72	4.214,93	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5.659,51	5.659,51	5.659,51	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F_s =$	1,34	1,32	1,34	[-]

Verifica carico limite verticale di trazione

VERIFICA CARICO LIMITE VERTICALE DI TRAZIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
Azione verticale agente sul singolo palo da FEM	$N_{FEM} =$	-	350,5	152,2	[kN]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	$\gamma =$	-	1,30	1,30	[-]
Azione verticale agente sul singolo palo	$ N =$	-	455,6	197,8	[kN]
Peso proprio camicia del palo	$N_{cam} =$	-	134,0	134,0	[kN]
Spinta Archimede su palo immerso	$S_{Arch} =$	-	316,8	316,8	[kN]
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	$ N_{ed} =$	-	638,5	380,7	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	-	1610,0	1610,0	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F_s =$	-	2,52	4,23	[-]

8.1.4.2 Spalla B

Carico limite verticale di compressione di calcolo

Terreno			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_1 =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza a taglio	$\phi'_1 =$	37,00	[°]
Lunghezza palo	$L_1 =$	22,00	[m]

Tensione efficace verticale del Terreno	$\sigma'_{vL1} =$	220,00	[kN/m ²]
Resistenza laterale Terreno	$Q_{l1} =$	3.320,57	[kN]
	$L/D =$	18,33	[-]
	$N_q =$	35,00	
Tensione efficace verticale alla punta	$\sigma'_{vL} =$	220,00	[kN/m ²]
	$p_{lim} =$	7.700,00	[kN/m ²]
Resistenza alla punta	$Q_p =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale	$Q_l =$	3.320,57	[kN]
Carico limite verticale di calcolo	$Q_{lim,v,cal} =$	12.029,06	[kN]

Carico limite verticale di compressione caratteristico

Resistenza alla punta Verticale 1	$Q_{p,1} =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale Verticale 1	$Q_{l,1} =$	3.320,57	[kN]
Resistenza alla punta Verticale 2	$Q_{p,2} =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale Verticale 2	$Q_{l,2} =$	3.320,57	[kN]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3 =$	1,65	[-]
	$\xi_4 =$	1,55	[-]
Resistenza alla punta caratteristica	$Q_{p,k} =$	5.277,88	[kN]
Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Carico limite verticale caratteristico	$Q_{lim,v,k} =$	7.290,34	[kN]

Carico limite verticale di compressione di progetto

Coeff. Resistenza alla punta	$\gamma_b =$	1,35	[-]
Coeff. Resistenza laterale in compressione	$\gamma_s =$	1,15	[-]
Resistenza alla punta di progetto	$Q_{p,d} =$	3.909,54	[kN]
Resistenza laterale di progetto	$Q_{l,d} =$	1.749,97	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,v,d} =$	5.659,51	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5.659,51	[kN]

Carico limite verticale di trazione di progetto

Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Coeff. Resistenza laterale in trazione	$\gamma_{s3} =$	1,25	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo	$Q_{l,d} =$	1.609,97	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	1.609,97	[kN]

Verifica carico limite verticale di compressione

VERIFICA CARICO LIMITE VERTICALE DI COMPRESSIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
Azione verticale agente sul singolo palo da FEM	$N_{FEM} =$	-2774,6	-1951,9	-2258,5	[kN]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	$\gamma =$	1,00	1,30	1,30	[-]
Azione verticale agente sul singolo palo	$ N =$	2774,6	2537,4	2936,1	[kN]
Peso proprio camicia del palo	$N_{cam} =$	181,7	139,8	139,8	[kN]
Spinta Archimede su palo immerso	$S_{Arch} =$	331,1	331,1	331,1	[kN]
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	$N_{ed} =$	2625,3	2346,1	2744,8	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5659,5	5659,5	5659,5	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F_s =$	2,16	2,41	2,06	[-]

Verifica carico limite verticale di trazione

Non sono presenti carichi di trazione sulla palificata per le combinazioni di carico analizzate, dunque la verifica viene omessa.

8.1.4.3 Pila Centrale

Carico limite verticale di compressione di calcolo

Terreno			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_1 =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza a taglio	$\phi'_1 =$	37,00	[°]
Lunghezza palo	$L_1 =$	22,00	[m]

Tensione efficace verticale del Terreno	$\sigma'_{vL1} =$	220,00	[kN/m ²]
Resistenza laterale Terreno	$Q_{l1} =$	3.320,57	[kN]
	$L/D =$	18,33	[-]
	$N_q =$	35,00	
Tensione efficace verticale alla punta	$\sigma'_{vL} =$	220,00	[kN/m ²]
	$p_{lim} =$	7.700,00	[kN/m ²]
Resistenza alla punta	$Q_p =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale	$Q_l =$	3.320,57	[kN]
Carico limite verticale di calcolo	$Q_{lim,v,cal} =$	12.029,06	[kN]

Carico limite verticale di compressione caratteristico

Resistenza alla punta Verticale 1	$Q_{p,1} =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale Verticale 1	$Q_{l,1} =$	3.320,57	[kN]
Resistenza alla punta Verticale 2	$Q_{p,2} =$	8.708,49	[kN]
Resistenza laterale Verticale 2	$Q_{l,2} =$	3.320,57	[kN]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3 =$	1,65	[-]
	$\xi_4 =$	1,55	[-]
Resistenza alla punta caratteristica	$Q_{p,k} =$	5.277,88	[kN]
Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Carico limite verticale caratteristico	$Q_{lim,v,k} =$	7.290,34	[kN]

Carico limite verticale di compressione di progetto

Coeff. Resistenza alla punta	$\gamma_b =$	1,35	[-]
Coeff. Resistenza laterale in compressione	$\gamma_s =$	1,15	[-]
Resistenza alla punta di progetto	$Q_{p,d} =$	3.909,54	[kN]
Resistenza laterale di progetto	$Q_{l,d} =$	1.749,97	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,v,d} =$	5.659,51	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5.659,51	[kN]

Carico limite verticale di trazione di progetto

Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Coeff. Resistenza laterale in trazione	$\gamma_{s3} =$	1,25	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo	$Q_{l,d} =$	1.609,97	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	1.609,97	[kN]

Verifica carico limite verticale di compressione

VERIFICA CARICO LIMITE VERTICALE DI COMPRESSIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
Azione verticale agente sul singolo palo da FEM	$N_{FEM} =$	-3474,5	-2817,7	-3572,9	[kN]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	$\gamma =$	1,00	1,30	1,30	[-]
Azione verticale agente sul singolo palo	$ N =$	3474,5	3663,0	4644,8	[kN]
Peso proprio camicia del palo	$N_{cam} =$	187,8	144,5	144,5	[kN]
Spinta Archimede su palo immerso	$S_{Arch} =$	342,5	342,5	342,5	[kN]
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	$ N_{ed} =$	3319,8	3465,0	4446,7	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5659,5	5659,5	5659,5	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F_s =$	1,70	1,63	1,27	[-]

Verifica carico limite verticale di trazione

Non sono presenti carichi di trazione sulla palificata per le combinazioni di carico analizzate, dunque la verifica viene omessa.

8.1.4.4 Impalcato 1

Carico limite verticale di compressione di calcolo

		Verticale di indagine 1	
Terreno 1			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_1 =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza a taglio	$\phi'_1 =$	37,00	[°]
Lunghezza palo	$L_1 =$	20,00	[m]
Tensione efficace verticale del Terreno 1	$\sigma'_{vL1} =$	200,00	[kN/m ²]
Resistenza laterale Terreno 1	$Q_{l1} =$	2.744,27	[kN]
	$L/D =$	16,67	[-]
	$N_q =$	35,00	
Tensione efficace verticale del Terreno 2 (alla punta)	$\sigma'_{vL} =$	200,00	[kN/m ²]
	$p_{lim} =$	7.000,00	[kN/m ²]
Resistenza alla punta	$Q_p =$	7.916,81	[kN]
Resistenza laterale Terreno 2	$Q_{l2} =$	-	[kN]
Resistenza laterale	$Q_l =$	2.744,27	[kN]
Carico limite verticale di calcolo	$Q_{lim,v,cal} =$	10.661,08	[kN]

Carico limite verticale di compressione caratteristico

Resistenza alla punta Verticale 1	$Q_{p,1} =$	7.916,81	[kN]
Resistenza laterale Verticale 1	$Q_{l,1} =$	2.744,27	[kN]
Resistenza alla punta Verticale 2	$Q_{p,2} =$	7.916,81	[kN]
Resistenza laterale Verticale 2	$Q_{l,2} =$	2.744,27	[kN]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3 =$	1,65	[-]
	$\xi_4 =$	1,55	[-]
Resistenza alla punta caratteristica	$Q_{p,k} =$	4.798,07	[kN]
Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	1.663,19	[kN]
Carico limite verticale caratteristico	$Q_{lim,v,k} =$	6.461,26	[kN]

Carico limite verticale di compressione di progetto

Coeff. Resistenza alla punta	$\gamma_b =$	1,35	[-]
Coeff. Resistenza laterale in compressione	$\gamma_s =$	1,15	[-]
Resistenza alla punta di progetto	$Q_{p,d} =$	3.554,13	[kN]
Resistenza laterale di progetto	$Q_{l,d} =$	1.446,26	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,v,d} =$	5.000,38	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5.000,38	[kN]

Carico limite verticale di trazione di progetto

Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Coeff. Resistenza laterale in trazione	$\gamma_{s3} =$	1,25	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo	$Q_{l,d} =$	1.609,97	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	1.609,97	[kN]

Verifica carico limite verticale di compressione

VERIFICA CARICO LIMITE VERTICALE DI COMPRESSIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
Azione verticale agente sul singolo palo da FEM	$N_{FEM} =$	-2914,8	-1617,7	-1862,7	[kN]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	$\gamma =$	-1,0	-1,3	-1,3	[-]
Azione verticale agente sul singolo palo	$ N =$	-2914,8	-2102,9	-2421,5	[kN]
Peso proprio camicia del palo	$N_{cam} =$	-150,7	-115,9	-115,9	[kN]
Spinta Archimede su palo immerso	$S_{Arch} =$	-308,3	-308,3	-308,3	[kN]
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	$N_{ed} =$	-2757,2	-1910,6	-2229,2	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d gr} =$	5.000,38	4.492,65	4.492,65	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F_s =$	1,81	2,35	2,02	[-]

Verifica carico limite verticale di trazione

Non sono presenti carichi di trazione sulla palificata per le combinazioni di carico analizzate, dunque la verifica viene omessa.

8.1.4.5 Impalcato 2

Carico limite verticale di compressione di calcolo

		Verticale di indagine 1	
Terreno 1			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_1 =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza a taglio	$\phi'_1 =$	37,00	[°]
Lunghezza palo	$L_1 =$	20,00	[m]
Tensione efficace verticale del Terreno 1	$\sigma'_{vL1} =$	200,00	[kN/m ²]
Resistenza laterale Terreno 1	$Q_{l1} =$	2.744,27	[kN]
	$L/D =$	16,67	[-]
	$N_q =$	35,00	
Tensione efficace verticale del Terreno 2 (alla punta)	$\sigma'_{vL} =$	200,00	[kN/m ²]
	$p_{lim} =$	7.000,00	[kN/m ²]
Resistenza alla punta	$Q_p =$	7.916,81	[kN]
Resistenza laterale Terreno 2	$Q_{l2} =$	-	[kN]
Resistenza laterale	$Q_l =$	2.744,27	[kN]
Carico limite verticale di calcolo	$Q_{lim,v,cal} =$	10.661,08	[kN]

Carico limite verticale di compressione caratteristico

Resistenza alla punta Verticale 1	$Q_{p,1} =$	7.916,81	[kN]
Resistenza laterale Verticale 1	$Q_{l,1} =$	2.744,27	[kN]
Resistenza alla punta Verticale 2	$Q_{p,2} =$	7.916,81	[kN]
Resistenza laterale Verticale 2	$Q_{l,2} =$	2.744,27	[kN]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3 =$	1,65	[-]
	$\xi_4 =$	1,55	[-]
Resistenza alla punta caratteristica	$Q_{p,k} =$	4.798,07	[kN]
Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	1.663,19	[kN]
Carico limite verticale caratteristico	$Q_{lim,v,k} =$	6.461,26	[kN]

Carico limite verticale di compressione di progetto

Coeff. Resistenza alla punta	$\gamma_b =$	1,35	[-]
Coeff. Resistenza laterale in compressione	$\gamma_s =$	1,15	[-]
Resistenza alla punta di progetto	$Q_{p,d} =$	3.554,13	[kN]
Resistenza laterale di progetto	$Q_{l,d} =$	1.446,26	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,v,d} =$	5.000,38	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d\ gr} =$	5.000,38	[kN]

Carico limite verticale di trazione di progetto

Resistenza laterale caratteristica	$Q_{l,k} =$	2.012,47	[kN]
Coeff. Resistenza laterale in trazione	$\gamma_{s3} =$	1,25	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo	$Q_{l,d} =$	1.609,97	[kN]
Efficienza di gruppo	$E =$	1,00	[-]
Carico limite verticale di progetto a trazione del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d\ gr} =$	1.609,97	[kN]

Verifica carico limite verticale di compressione

VERIFICA CARICO LIMITE VERTICALE DI COMPRESSIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
Azione verticale agente sul singolo palo da FEM	$N_{FEM} =$	-2820,6	-1575,2	-1890,1	[kN]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	$\gamma =$	-1,0	-1,3	-1,3	[-]
Azione verticale agente sul singolo palo	$ N =$	-2820,6	-2047,8	-2457,2	[kN]
Peso proprio camicia del palo	$N_{cam} =$	-150,7	-115,9	-115,9	[kN]
Spinta Archimede su palo immerso	$S_{Arch} =$	-308,3	-308,3	-308,3	[kN]
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	$ N_{ed} =$	-2663,0	-1855,5	-2264,8	[kN]
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,v,d\ gr} =$	4492,6	4492,6	4492,6	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F_s =$	1,69	2,42	1,98	[-]

Verifica carico limite verticale di trazione

Non sono presenti carichi di trazione sulla palificata per le combinazioni di carico analizzate, dunque la verifica viene omessa.

8.2 VERIFICA A CARICO LIMITE ORIZZONTALE

8.2.1 Determinazione del carico limite orizzontale

Il carico limite orizzontale H_{lim} del singolo palo è stato valutato con la teoria di Broms nell'ipotesi che il palo sia installato in un mezzo omogeneo. Il palo è stato considerato libero di ruotare in testa.

PALO CORTO

Lo sforzo orizzontale agisce sul palo con eccentricità e .

La rotazione avviene attorno ad un punto molto prossimo all'estremità inferiore del palo. Per semplificare l'analisi, e senza che ciò comporti un errore significativo si è assunto che il centro di rotazione coincida con l'estremità inferiore del palo e si è schematizzato il risultante delle azioni del terreno al di sotto di tale punto con una forza concentrata F .

Imponendo l'equilibrio alla rotazione attorno all'estremità inferiore del palo si ha, a rottura:

$$H_{lim}(e+L) = \frac{L^2}{2} 3K_p \gamma' D \frac{L}{3}$$

Lo sforzo di taglio lungo il palo vale, alla generica profondità z :

$$T = H - \frac{3}{2} K_p \gamma' D z^2$$

Tale sforzo si annulla ad una profondità f che può calcolarsi ponendo $T=0$ e vale:

$$f = 0,816 \sqrt{\frac{H}{K_p \gamma' D}}$$

Alla stessa profondità f si verifica il momento massimo che vale:

$$M_{max} = H \left(e + \frac{2}{3} f \right)$$

Affinché il meccanismo di rottura sia di palo corto occorre verificare che il momento di plasticizzazione della sezione del palo M_k sia maggiore di M_{max} .

Se M_k è minore di M_{max} allora il carico limite per forze orizzontali viene determinato ipotizzando un meccanismo di “palo lungo”.

PALO LUNGO

Dalle relazioni di sopra, ponendo $M_{max} = M_y$, si ottiene:

$$\frac{H_{lim}}{k_p \gamma D^3} \left(\frac{e}{D} + 0,544 \sqrt{\frac{H_{lim}}{k_p \gamma D^3}} \right) - \frac{M_y}{k_p \gamma D^4} = 0$$

da cui è possibile ricavare il valore di H_{lim} .

Il carico limite del singolo palo in gruppo è:

$$H_{limg} = EH_{lims}$$

dove E è l’efficienza del gruppo che per il rapporto tra l’interasse e il diametro dei pali della struttura in oggetto è posto conservativamente pari a 0,6.

8.2.2 Criteri di verifica previste ai sensi delle NTC2018

Le verifiche dei pali vengono eseguite considerando l’Approccio 2 (A1+M1+R3).

Il valore caratteristico della resistenza a carichi trasversali R_{trk} , è dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione ξ_3 , ξ_4 riportati nella tabella 6.4.IV delle NTC alle resistenze limite R_{ccal} ($\equiv H_{lim}$) calcolate con la metodologia illustrata al precedente paragrafo §8.2.1:

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

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

I calcoli sono condotti considerando un numero di verticali indagate pari a due, per cui si ha:

$$\xi_3=1,65$$

$$\xi_4=1,55$$

Per le due verticali indagate si è proceduto quindi a individuare il corrispondente valore di carico limite H_{lim} . Combinando tali valori come previsto dalle NTC2008 si è ricavato il carico limite orizzontale caratteristico $Q_{lim,h,k}$.

Il Carico limite orizzontale di progetto $Q_{lim,h,d}$ è stato ottenuto abbattendo il valore caratteristico del coefficiente di resistenza laterale γ_{t4} posto pari a 1,30 (Tab. 6.4.VI). Infine è stato ottenuto il carico limite del singolo palo in gruppo tenendo conto dell'efficienza della palificata secondo quanto già specificato al precedente §8.2.3.

Tabella 6.4.VI - Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T=1,0$	$\gamma_T=1,6$	$\gamma_T=1,3$

8.2.3 Azioni di progetto

Nel presente paragrafo vengono riassunte nelle tabelle di seguito riportate le azioni di progetto ai fini delle verifiche a carico limite orizzontale dei pali. Le verifiche sono condotte considerando per ciascuna combinazione di carico la coppia di sollecitazioni corrispondenti ai valori di taglio massimo ($V_{max} - M_{Vmax}$) e momento massimo ($V_{Mmax} - M_{max}$). Le sollecitazioni di progetto sono state ottenute a partire dal model FEM precedentemente riportato (vedi §5).

SPALLA A					
SOLLECITAZIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
(V_{max}, M_{Vmax})	V	168,2	365,2	216,4	kN
	M	161,3	234,2	59,7	kNm
(V_{Mmax}, M_{max})	V	93,2	343,2	198,4	kN
	M	225,3	284,5	142,9	kNm

SPALLA B					
SOLLECITAZIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
(V_{max}, M_{Vmax})	V	127,4	220,3	305,1	kN
	M	54,0	48,1	87,0	kNm
(V_{Mmax}, M_{max})	V	72,3	119,5	160,3	kN
	M	156,7	249,4	180,9	kNm

PILA CENTRALE					
SOLLECITAZIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
(V_{max}, M_{Vmax})	V	67,8	241,5	318,4	kN
	M	65,5	338,3	363,2	kNm
(V_{Mmax}, M_{max})	V	60,9	236,8	316,0	kN
	M	95,6	353,2	383,9	kNm

IMPALCATO 1					
SOLLECITAZIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
(V_{max}, M_{Vmax})	V	194,2	227,8	206,7	kN
	M	249,6	190,5	263,3	kNm
(V_{Mmax}, M_{max})	V	151,8	189,1	159,2	kN
	M	277,6	257,3	283,7	kNm

IMPALCATO 2					
SOLLECITAZIONE		COMBINAZIONE			U.M.
		STATICA	SISMA X	SISMA Y	
(V_{max}, M_{Vmax})	V	230,9	374,0	289,5	kN
	M	535,6	450,3	329,6	kNm
(V_{Mmax}, M_{max})	V	225,0	340,5	263,8	kN
	M	563,2	540,7	372,6	kNm

Nelle combinazioni di carico sismiche, in accordo con quanto prescritto dalle NTC al paragrafo §7.2.5, l'azione trasmessa in fondazione ottenuta dal modello numerico viene amplificata di un coefficiente pari a 1,30.

8.2.4 Risultati

Le verifiche sono condotte valutando il momento plastico resistente dei pali $M_{Rd,pl}$ come somma del momento plastico delle sezioni in c.a. $M_{Rd,pl\ c.a.}$ e del momento plastico della camicia in acciaio $M_{Rd,pl\ s.}$

Il momento plastico resistente delle sezioni in c.a. $M_{Rd,pl\ c.a.}$ è ottenuto considerando un'armatura costituita da $32\Phi 26$ e risulta pari a 3.000 kNm.

Il momento plastico resistente della camicia in acciaio $M_{Rd,pls}$ viene invece determinato considerando lo spessore di progetto della camicia ridotto per tener conto dell'effetto della corrosione indotto dall'esposizione all'acqua di mare. In particolare, in accordo con quanto previsto dall'Eurocodice 3-Parte 5, si considera una perdita di spessore durante la vita nominale dell'opera ($V_N = 50$ anni) pari a 1,75 mm.

In Tabella 10 e Tabella 11 vengono sintetizzati i valori del momento plastico resistente considerato nelle verifiche.

Sez. Palo	Spessore camicia nominale	$s =$	16,0	[mm]
	Perdita di spessore per corrosione ($V_N = 50$ anni)	$t =$	1,75	[mm]
	Spessore camicia di calcolo	$s_{calc} =$	0,014	[m]
	Modulo di resistenza plastico	$W_{pl} =$	0,0200365	[m ³]
	Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355.000	[kPa]
	Coeff. di sicurezza acciaio	$\gamma_m =$	1,05	[-]
	Momento plastico resistente camicia	$M_{Rd, pls} =$	6.774,25	[kNm]
	Momento plastico resistente sezione c.a.	$M_{Rd, pl.c.a.} =$	3.000	[kNm]
	Momento plastico resistente sezione c.a.+ camicia	$M_{Rd, pl} =$	9.774,25	[kNm]

Tabella 10 – Momento plastico resistente - Pontile

Sez. Palo	Spessore camicia nominale	$s =$	14,2	[mm]
	Perdita di spessore per corrosione ($V_N = 50$ anni)	$t =$	1,75	[mm]
	Spessore camicia di calcolo	$s_{calc} =$	0,012	[m]
	Modulo di resistenza plastico	$W_{pl} =$	0,0175586	[m ³]
	Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	355.000	[kPa]
	Coeff. di sicurezza acciaio	$\gamma_m =$	1,05	[-]
	Momento plastico resistente camicia	$M_{Rd, pls} =$	5.936,47	[kNm]
	Momento plastico resistente sezione c.a.	$M_{Rd, pl.c.a.} =$	3.000	[kNm]
	Momento plastico resistente sezione c.a.+camicia	$M_{Rd, pl} =$	8.936,47	[kNm]

Tabella 11 – Momento plastico resistente – Impalcato

Nei paragrafi che seguono si riportano i calcoli relativi alle verifiche a carico limite orizzontale dei pali, mentre in Tabella 12 si sintetizzano i risultati ottenuti. Come è possibile osservare, per tutti i casi considerati il coefficiente di sicurezza è maggiore di quello richiesto dalla normativa, dunque le verifiche risultano soddisfatte.

VERIFICHE CARICO LIMITE ORIZZONTALE		FS [-]		
ELEMENTO	COMBINAZIONE	STATICA	SISMA X	SISMA Y
SPALLA A	(V _{max} , M _{Vmax})	2,73	1,32	2,37
	(V _{Mmax} , M _{max})	5,18	1,37	2,41
SPALLA B	(V _{max} , M _{Vmax})	5,11	2,35	1,68
	(V _{Mmax} , M _{max})	6,90	3,25	2,79
PILA CENTRALE	(V _{max} , M _{Vmax})	8,80	1,78	1,40
	(V _{Mmax} , M _{max})	8,94	1,79	1,40
IMPALCATO 1	(V _{max} , M _{Vmax})	2,74	1,93	1,98
	(V _{Mmax} , M _{max})	3,23	2,14	2,38
IMPALCATO 2	(V _{max} , M _{Vmax})	1,98	1,11	1,45
	(V _{Mmax} , M _{max})	1,98	1,15	1,52

Tabella 12 - Verifiche carico limite orizzontale – Sintesi coefficienti di sicurezza

8.2.4.1 Spalla A

In Tabella 13 e Tabella 14 si sintetizzano i calcoli di verifica a carico limite orizzontale per la palificata relativa alla Spalla A.

Verticale di indagine 1			
Terreno omogeneo			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_{v1} =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'_{v1} =$	37,00	[°]
Coefficiente	$K_{a,v1} =$	0,25	[-]
Coefficiente	$K_{p,v1} =$	4,02	[-]

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Momento massimo	M _{max} =	103470,9	109995,0	101972,3	102860,0	100213,0	102346,9	[kNm]
Momento plastico resistente	M _{rd, pl} =	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	[kNm]
Tipo riposta palo		PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	[-]
Carico limite	H _{lim} =	2135,3	1724,3	2245,9	2179,5	2384,6	2217,6	[kN]
Profondità	f =	5,43	4,88	5,57	5,48	5,74	5,53	[m]

Tabella 13 – Spalla A – Calcolo carico limite orizzontale singola verticale di indagine

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Taglio di progetto da calcolo FEM	V _{FEM}	168,2	93,2	365,2	343,2	216,4	198,4	[kN]
Momento di progetto da calcolo FEM	M _{FEM}	161,3	225,3	234,2	284,5	59,7	142,9	[kNm]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	γ	11,00	1,00	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Taglio di progetto	V _d	218,6	93,2	474,7	446,1	281,4	257,9	[kN]
Momento di progetto	M _d	209,7	225,3	304,5	369,9	77,5	185,8	[kNm]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	ξ ₃	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	[-]
	ξ ₄	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	[-]
Carico limite orizzontale caratteristico palo	Q _{lim,h,K}	1294,1	1045,0	1361,2	1320,9	1445,2	1344,0	[kN]
Coeff. Resistenza totale	γ _{t4}	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo	Q _{lim,h,d}	995,5	803,9	1047,0	1016,1	1111,7	1033,9	[kN]
Efficienza di gruppo	E	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo in gruppo	Q _{lim,h,d}	597,3	482,3	628,2	609,7	667,0	620,3	[kN]
Azione orizzontale di calcolo agente sul singolo palo	H _{ed}	218,6	93,2	474,7	446,1	281,4	257,9	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite orizzontale	FS	2,73	5,18	1,32	1,37	2,37	2,41	[-]

Tabella 14 – Spalla A – Verifica carico limite orizzontale

8.2.4.2 Spalla B

In Tabella 15e Tabella 16 si sintetizzano i calcoli di verifica a carico limite orizzontale per la palificata relativa alla Spalla B.

Verticale di indagine 1			
Terreno omogeneo			
Peso dell'unità di volume sommerso	γ' _{v1} =	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza al taglio	φ' _{v1} =	37,00	[°]
Coefficiente	K _{a,v1} =	0,25	[-]
Coefficiente	K _{p,v1} =	4,02	[-]

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Momento massimo	M _{max} =	100931,4	108909,8	99935,1	108561,2	100258,7	104254,6	[kNm]
Momento plastico resistente	M _{rd,pl} =	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	[kNm]
Tipo riposta palo		PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	[-]
Carico limite	H _{lim} =	2326,7	1785,4	2407,4	1805,6	2380,8	2080,0	[kN]
Profondità	f =	5,67	4,96	5,76	4,99	5,73	5,36	[m]

Tabella 15 – Spalla B - Calcolo carico limite orizzontale singola verticale di indagine

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Taglio di progetto da calcolo FEM	V _{FEM}	127,4	72,3	220,3	119,5	305,1	160,3	[kN]
Momento di progetto da calcolo FEM	M _{FEM}	54,0	156,7	48,1	249,4	87,0	180,9	[kNm]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	γ	1,00	1,00	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Taglio di progetto	V _d [kN]	127,4	72,3	286,4	155,4	396,7	208,5	[kN]
Momento di progetto	M _d	54,0	156,7	62,6	324,2	113,0	235,2	[kNm]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	ξ ₃	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	[-]
	ξ ₄	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	[-]
Carico limite orizzontale caratteristico palo	Q _{lim,h,K}	1410,1	1082,1	1459,0	1094,3	1442,9	1260,6	[kN]
Coeff. Resistenza totale	γ _{t4}	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo	Q _{lim,h,d}	1084,7	832,3	1122,3	841,8	1109,9	969,7	[kN]
Efficienza di gruppo	E	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo in gruppo	Q _{lim,h,d}	650,8	499,4	673,4	505,1	666,0	581,8	[kN]
Azione orizzontale di calcolo agente sul singolo palo	H _{ed}	127,4	72,3	286,4	155,4	396,7	208,5	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite orizzontale	FS	5,11	6,90	2,35	3,25	1,68	2,79	[-]

Tabella 16 – Spalla B – Verifica carico limite orizzontale

8.2.4.3 Pila Centrale

In Tabella 17 e Tabella 18 si sintetizzano i calcoli di verifica a carico limite orizzontale per la palificata relativa alla Pila Centrale.

Verticale di indagine 1			
Terreno omogeneo			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_{v1} =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'_{v1} =$	37,00	[°]
Coefficiente	$K_{a,v1} =$	0,25	[-]
Coefficiente	$K_{p,v1} =$	4,02	[-]

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Momento massimo	$M_{max} =$	103505,0	106276,9	105505,0	105915,4	104311,5	104653,7	[kNm]
Momento plastico resistente	$M_{rd, pl} =$	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	9774,2	[kNm]
Tipo riposta palo		PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	[-]
Carico limite	$H_{lim} =$	2132,8	1945,2	1995,4	1968,5	2076,1	2052,5	[kN]
Profondità	$f =$	5,42	5,18	5,25	5,21	5,35	5,32	[m]

Tabella 17 - Pila Centrale – Calcolo carico limite orizzontale singola verticale di indagine

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Taglio di progetto da calcolo FEM	V_{FEM}	67,8	60,9	241,5	236,8	318,4	316,0	[kN]
Momento di progetto da calcolo FEM	M_{FEM}	65,5	95,6	338,3	353,2	363,2	383,9	[kNm]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	γ	1,00	1,00	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Taglio di progetto	V_d [kN]	67,8	60,9	313,9	307,8	413,9	410,8	[kN]
Momento di progetto	M_d	65,5	95,6	439,8	459,1	472,1	499,0	[kNm]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	ξ_3	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	[-]
	ξ_4	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	[-]
Carico limite orizzontale caratteristico palo	$Q_{lim,h,K}$	1292,6	1178,9	1209,3	1193,0	1258,2	1244,0	
Coeff. Resistenza totale	γ_{t4}	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,h,d}$	994,3	906,9	930,2	917,7	967,9	956,9	[kN]
Efficienza di gruppo	E	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,h,d}$	596,6	544,1	558,1	550,6	580,7	574,1	[kN]
Azione orizzontale di calcolo agente sul singolo palo	H_{bd}	67,8	60,9	313,9	307,8	413,9	410,8	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite orizzontale	FS	8,80	8,94	1,78	1,79	1,40	1,40	[-]

Tabella 18 – Pila Centrale – Verifica carico limite orizzontale

8.2.4.4 Impalcato 1

In Tabella 19 e Tabella 20 si sintetizzano i calcoli di verifica a carico limite orizzontale per la palificata relativa all'Impalcato 1.

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

Verticale di indagine 1			
Terreno omogeneo			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma_{v1} =$	0,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza al taglio	$\phi_{v1} =$	1,65	[°]
Coefficiente	$K_{a,v1} =$	1,55	[-]
Coefficiente	$K_{p,v1} =$	988,14	[-]

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Momento massimo	M _{max} =	83071,4	83711,8	79005,2	80437,2	78756,4	79787,2	[kNm]
Momento plastico resistente	M _{rd,pl} =	8936,5	8936,5	8936,5	8936,5	8936,5	8936,5	[kNm]
Tipo riposta palo		PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	[-]
Carico limite	H _{lim} =	1630,4	1589,1	1925,9	1815,0	1946,0	1864,4	[kN]
Profondità	f =	4,74	4,68	5,15	5,00	5,18	5,07	[m]

Tabella 19 – Impalcato 1 - Calcolo carico limite orizzontale singola verticale di indagine

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Taglio di progetto da calcolo FEM	V _{FEM}	194,2	151,8	227,8	189,1	206,7	159,2	[kN]
Momento di progetto da calcolo FEM	M _{FEM}	249,6	277,6	190,5	257,3	263,3	283,7	[kNm]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	γ	1,00	1,00	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Taglio di progetto	V _d [kN]	194,2	151,8	296,1	245,9	268,7	206,9	[kN]
Momento di progetto	M _d	249,6	277,6	247,6	334,5	342,3	368,8	[kNm]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	ξ_3	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	[-]
	ξ_4	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	[-]
Carico limite orizzontale caratteristico palo	Q _{lim,h,K}	1152,5	1061,1	1238,0	1139,1	1154,5	1068,4	[kN]
Coeff. Resistenza totale	γ_{t4}	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo	Q _{lim,h,d}	886,5	816,2	952,3	876,2	888,0	821,8	[kN]
Efficienza di gruppo	E	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo in gruppo	Q _{lim,h,d}	531,9	489,7	571,4	525,7	532,8	493,1	[kN]
Azione orizzontale di calcolo agente sul singolo palo	H _{ed}	194,2	151,8	296,1	245,9	268,7	206,9	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite orizzontale	FS	2,74	3,23	1,93	2,14	1,98	2,38	[-]

Tabella 20 – Impalcato 1 – Verifica carico limite orizzontale

8.2.4.5 Impalcato 2

In Tabella 21 e Tabella 22 si sintetizzano i calcoli di verifica a carico limite orizzontale per la palificata relativa all' Impalcato 2.

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

Verticale di indagine 1			
Terreno omogeneo			
Peso dell'unità di volume sommerso	$\gamma'_{v1} =$	10,00	[kN/m ³]
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'_{v1} =$	37,00	[°]
Coefficiente	$K_{a,v1} =$	0,25	[-]
Coefficiente	$K_{p,v1} =$	4,02	[-]

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Momento massimo	M _{max} =	79310,9	81315,1	77599,7	79592,8	79269,4	81148,3	[kNm]
Momento plastico resistente	M _{rd, pl} =	8936,5	8936,5	8936,5	8936,5	8936,5	8936,5	[kNm]
Tipo riposta palo		PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	PALO LUNGO	[-]
Carico limite	H _{lim} =	1901,6	1750,8	2042,7	1879,5	1904,9	1762,8	[kN]
Profondità	f =	5,12	4,91	5,31	5,09	5,13	4,93	[m]

Tabella 21 – Impalcato 2 - Calcolo carico limite orizzontale singola verticale di indagine

DATI DI CALCOLO		STATICA		SISMA X		SISMA Y		U.M.
		Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	Comb. V _{max}	Comb. M _{max}	
Taglio di progetto da calcolo FEM	V _{FEM}	230,9	225,0	374,0	340,5	289,5	263,8	[kN]
Momento di progetto da calcolo FEM	M _{FEM}	535,6	563,2	450,3	540,7	329,6	372,6	[kNm]
Coefficiente amplificativo per duttilità (NTC2018 - §7.2.5)	γ	1,00	1,00	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Taglio di progetto	V _d [kN]	230,9	225,0	486,2	442,6	376,4	342,9	[kN]
Momento di progetto	M _d	535,6	563,2	585,3	702,9	428,4	484,3	[kNm]
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	ξ_3	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	[-]
	ξ_4	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	[-]
Carico limite orizzontale caratteristico palo	Q _{lim,h,K}	988,1	963,1	1167,2	1100,0	1179,4	1129,9	[kN]
Coeff. Resistenza totale	γ_{t4}	1,3	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo	Q _{lim,h,d}	760,1	740,8	897,9	846,2	907,2	869,2	[kN]
Efficienza di gruppo	E	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	[-]
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo in gruppo	Q _{lim,h,d}	456,1	444,5	538,7	507,7	544,3	521,5	[kN]
Azione orizzontale di calcolo agente sul singolo palo	H _{sd}	230,9	225,0	486,2	442,6	376,4	342,9	[kN]
Coefficiente di Sicurezza a carico limite orizzontale	FS	1,98	1,98	1,11	1,15	1,45	1,52	[-]

Tabella 22 – Impalcato 2 – Verifica carico limite orizzontale

9 VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI DEI PALI

L'analisi di interazione terreno-struttura ha consentito di determinare i valori degli spostamenti dei pali, considerati come elementi di vincolo non interagenti tra loro.

Di seguito si riportano i valori degli spostamenti delle palificate tenendo conto degli effetti di gruppo, valutati secondo i metodi classici della Geotecnica. Si evidenzia che le azioni considerate includono anche i carichi permanenti.

Tenuto conto della natura del terreno di fondazione, gli spostamenti dovuti ai carichi permanenti si verificano al momento della realizzazione, per cui la stima degli spostamenti massimi risulta cautelativa.

9.1 Spostamenti verticali dei pali in gruppo

L'analisi dei pali in gruppo può essere considerata come l'estensione di quella del singolo palo. Il cedimento medio w di un gruppo di pali può essere espresso come prodotto del cedimento w_s di un palo isolato a parità di carico medio, per un coefficiente di amplificazione R_s che dipende da fattori essenzialmente geometrici come il numero di pali n , il rapporto fra interasse e diametro dei pali s/d e il coefficiente di rigidezza del palo k :

$$w = w_s R_s$$

In *Tabella 23* sono riportati i valori teorici del coefficiente di amplificazione R_s suggeriti da Poulos e Davis (2002).

Una parte di tale cedimento è già scontato per i carichi permanenti.

Date le caratteristiche dei terreni, gli spostamenti si verificheranno in gran parte al momento del verificarsi della combinazione di carico in esame, quindi si ritengono compatibili con i requisiti di funzionalità dell'opera.

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

N. di pali nel gruppo		4				9				16				25			
		10	100	1000	∞	10	100	1000	∞	10	100	1000	∞	10	100	1000	∞
10	2	1.83	2.25	2.54	2.62	2.78	3.80	4.42	4.48	3.76	5.49	6.40	6.53	4.75	7.20	8.48	8.68
	5	1.40	1.73	1.88	1.90	1.83	2.49	2.82	2.85	2.26	3.25	3.74	3.82	2.68	3.98	4.70	4.75
	10	1.21	1.39	1.48	1.50	1.42	1.76	1.97	1.99	1.63	2.14	2.46	2.46	1.85	2.53	2.95	2.95
25	2	1.99	2.14	2.65	2.87	3.01	3.64	4.84	5.29	4.22	5.38	7.44	8.10	5.40	7.25	9.28	11.25
	5	1.47	1.74	2.09	2.19	1.98	2.61	3.48	3.74	2.46	3.54	4.96	5.34	2.95	4.48	6.50	7.03
	10	1.25	1.46	1.74	1.78	1.49	1.95	2.57	2.73	1.74	2.46	3.42	3.63	1.98	2.98	4.28	4.50
50	2	2.43	2.31	2.56	3.01	3.91	3.79	4.52	5.66	5.58	5.65	7.05	8.94	7.26	7.65	9.91	12.66
	5	1.73	1.81	2.10	2.44	2.46	2.75	3.51	4.29	3.16	3.72	5.11	6.37	3.88	4.74	6.64	8.67
	10	1.38	1.50	1.78	2.04	1.74	2.04	2.72	3.29	2.08	2.59	3.73	4.65	2.49	3.16	4.76	6.04
100	2	2.56	2.31	2.26	3.16	4.43	4.05	4.11	6.15	6.42	6.14	6.50	9.92	8.48	8.40	10.25	14.35
	5	1.88	1.88	2.01	2.64	2.80	2.94	3.38	4.87	3.74	4.05	4.98	7.54	4.68	5.18	6.75	10.55
	10	1.47	1.56	1.76	2.28	1.95	2.17	2.73	3.93	2.45	2.80	3.81	5.82	2.95	3.48	5.00	7.88

Tabella 23 - Valori teorici del coefficiente di amplificazione R_s (Poulos e Davis, 2002, Tabella 6.2)

9.1.1 Spalla A

Il cedimento massimo stimato per il gruppo di pali della Spalla A risulta pari a 26,1 mm allo SLE e 20,5 mm allo SLD.

SLE - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	7,50	[mm]
SLD - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	5,90	[mm]
Lunghezza del palo	$L=$	22,00	[m]
Diametro pali	$d=$	1,20	[m]
Sezione trasversale del palo	$A_p=$	1,13	[m ²]
Modulo di Young del palo	$E_p=$	30.000.000	[kN/m ²]
Numero pali	$n=$	9,00	[-]
Interasse pali	$s=$	3,80	[m]
Rapporto interasse/diametro	$s/d=$	3,17	[-]
Rapporto lunghezza/diametro	$L/d=$	18,33	[-]
Modulo di Young dello scheletro solido	$E'_s=$	30.000,00	[kN/m ²]
Coefficiente di rigidezza del palo	$k=$	1.000,00	[-]
Coefficiente di amplificazione	$R_s=$	3,48	[-]
SLE - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	26,10	[mm]
SLD - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	20,53	[mm]

Tabella 24 – Spalla A – Cedimenti dei pali in gruppo

9.1.2 Spalla B

Il cedimento massimo stimato per il gruppo di pali della Spalla B risulta pari a 17,75 mm allo SLE e 14,27 mm allo SLD.

SLE - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	5,10	[mm]
SLD - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	4,10	[mm]
Lunghezza del palo	$L=$	22,00	[m]
Diametro pali	$d=$	1,20	[m]
Sezione trasversale del palo	$A_p=$	1,13	[m ²]
Modulo di Young del palo	$E_p=$	30.000.000	[kN/m ²]
Numero pali	$n=$	9,00	[-]
Interasse pali	$s=$	4,44	[m]
Rapporto interasse/diametro	$s/d=$	3,70	[-]
Rapporto lunghezza/diametro	$L/d=$	18,33	[-]
Modulo di Young dello scheletro solido	$E'_s=$	30.000,00	[kN/m ²]
Coefficiente di rigidità del palo	$k=$	1.000,00	[-]
Coefficiente di amplificazione	$R_s=$	3,48	[-]
SLE - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	17,75	[mm]
SLD - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	14,27	[mm]

Tabella 25 – Spalla B – Cedimenti dei pali in gruppo

9.1.3 Pila Centrale

Il cedimento massimo stimato per il gruppo di pali della Pila Centrale risulta pari a 19,84 mm allo SLE e 18,79 mm allo SLD.

SLE - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	5,70	[mm]
SLD - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	5,40	[mm]
Lunghezza del palo	$L=$	22,00	[m]
Diametro pali	$d=$	1,20	[m]
Sezione trasversale del palo	$A_p=$	1,13	[m ²]
Modulo di Young del palo	$E_p=$	30.000.000	[kN/m ²]
Numero pali	$n=$	9,00	[-]
Interasse pali	$s=$	3,83	[m]
Rapporto interasse/diametro	$s/d=$	3,19	[-]
Rapporto lunghezza/diametro	$L/d=$	18,33	[-]
Modulo di Young dello scheletro solido	$E'_s=$	30.000,00	[kN/m ²]
Coefficiente di rigidità del palo	$k=$	1.000,00	[-]
Coefficiente di amplificazione	$R_s=$	3,48	[-]
SLE - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	19,84	[mm]
SLD - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	18,79	[mm]

Tabella 26 – Pila centrale – Cedimenti dei pali in gruppo

9.1.4 Impalcato 1/2

Il cedimento massimo stimato per il gruppo di pali dell'Impalcato 1 e dell'Impalcato 2 risulta pari a 8,57 mm allo SLE e 5,85 mm allo SLD.

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

SLE - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	4,10	[mm]
SLD - Cedimento del palo singolo sospeso	$w_s=$	2,80	[mm]
Lunghezza del palo	$L=$	20,00	[m]
Diametro pali	$d=$	1,20	[m]
Sezione trasversale del palo	$A_p=$	1,13	[m ²]
Modulo di Young del palo	$E_p=$	30.000.000	[kN/m ²]
Numero pali	$n=$	4,00	[-]
Interasse pali	$s=$	6,32	[m]
Rapporto interasse/diametro	$s/d=$	5,27	[-]
Rapporto lunghezza/diametro	$L/d=$	16,67	[-]
Modulo di Young dello scheletro solido	$E'_s=$	30.000,00	[kN/m ²]
Coefficiente di rigidezza del palo	$k=$	1.000,00	[-]
Coefficiente di amplificazione	$R_s=$	2,09	[-]
SLE - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	8,57	[mm]
SLD - Cedimento del palo in gruppo	$w=$	5,85	[mm]

Tabella 27 – Impalcato 1/2 – Cedimenti dei pali in gruppo

10 VERIFICA DELLE OPERE DI PROTEZIONE SOTTOSTRUTTURE DEL PONTE

Nel seguente paragrafo si riportano le verifiche strutturali delle opere di protezione delle sottostrutture del ponte.

10.1 Software di calcolo utilizzato

Il programma di calcolo utilizzato è:

PAC – Versione 14.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)

Licenza AIU2302G8

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e dai distributori del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Gli sviluppatori hanno verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine delle analisi, controlli automatici identificano la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dall'utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con

metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si attesta che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

10.2 Modello ed ipotesi di calcolo

Le verifiche strutturali delle opere di protezione delle sottostrutture del ponte, sono state eseguite mediante analisi agli elementi finiti (FEM) in condizioni monodimensionali, mediante l'uso del software di calcolo PAC.

Le verifiche sono state condotte prendendo in considerazione la profondità massima del fondale in corrispondenza delle opere in progetto (pari a 9 m). Inoltre, in accordo a quanto previsto dalla NTC 2018- §6.5.2., tale quota profondità è stata incrementata di 0,5 m per tener conto di possibili variazioni del modello geometrico di riferimento.

Le opere di protezione sono costituite da paratie di pali in c.a. trivellati con camicie in acciaio, ammorsati nel terreno e collegate in testa da una trave di coronamento in cemento armato gettata in opera mediante elementi prefabbricati. Le opere in oggetto hanno uno sviluppo in pianta pari a 11,30 m.

Nel modello di calcolo vengono a favore di sicurezza trascurati i contributi resistenti offerti dalle camicie e dagli elementi prefabbricati.

OPERE DI PROTEZIONE DELLE SOTTOSTRUTTURE DEL PONTE	
Tipologia di paratia	Paratia in pali trivellati
Diametro dei pali	D = 120 cm
Interasse dei pali	$i_{\text{pali}} = 2.25 \text{ m}$
Altezza totale	22 m
Lunghezza infissione	$H_{\text{infissione}} = 10,00 \text{ m}$
Profondità fondale	9,50 m
Trave di coronamento	Sezione 155 cm x 180 cm Lunghezza 11,30 m

Tabella 28 - Geometria del modello di calcolo della paratia

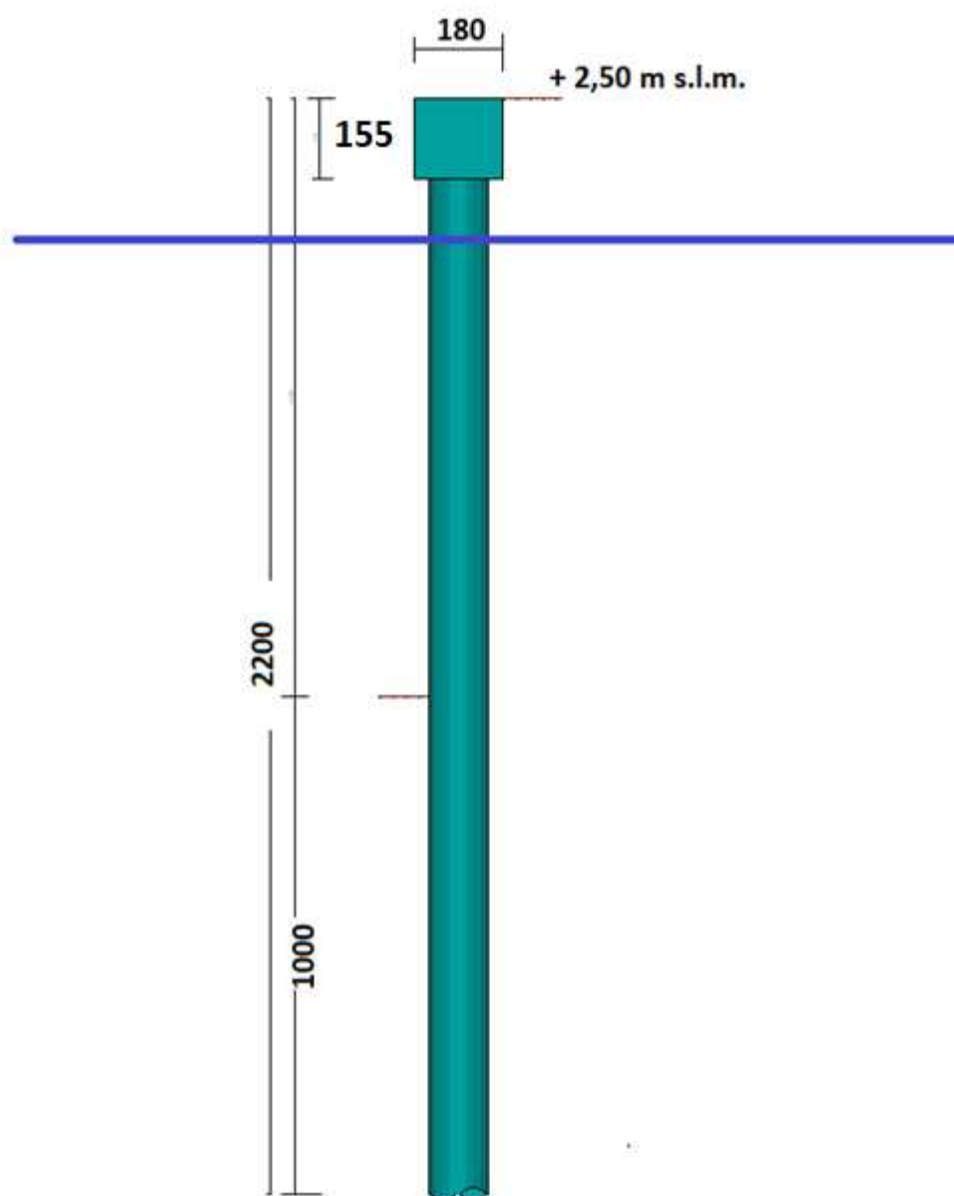


Figura 38 - Modello di calcolo – Sezione

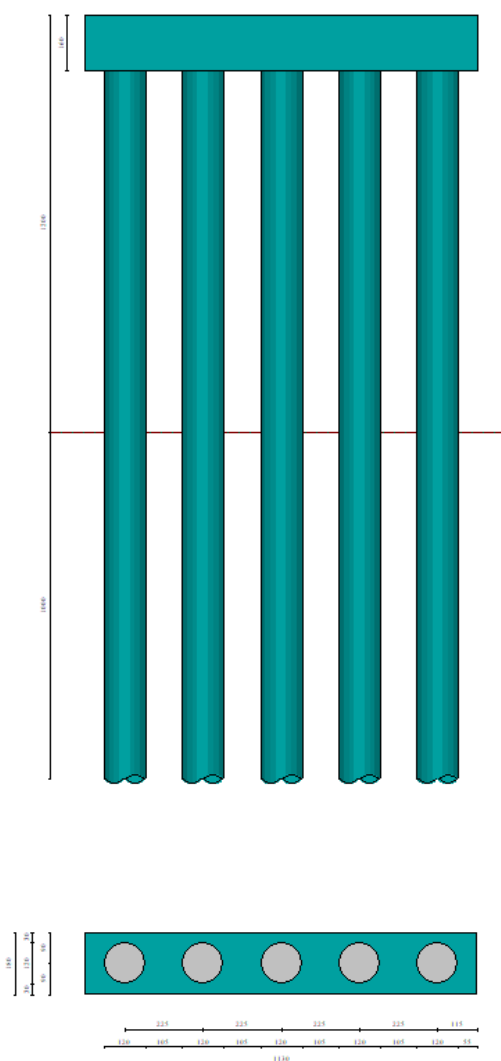


Figura 39 - Modello di calcolo – Prospetto

Il terreno viene modellato come un letto di molle indipendenti a comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi deformazioni abbia andamento bilatero. La singola “molla” ha una resistenza crescente secondo la relazione $p = k_s \delta p = k_s \delta$ fino al raggiungimento di una pressione p_{\max} (Figura 40), pari al minimo dei seguenti:

- valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla;
- valore della pressione corrispondente ad uno spostamento orizzontale pari a 1,50 cm.

Le molle al di sotto della linea di fondo scavo hanno un comportamento asimmetrico. Se lo spostamento della paratia in corrispondenza della molla è diretto verso valle la pressione limite della molla stessa sarà data dalla differenza fra la pressione

passiva di valle e la pressione attiva di monte ($K_{pv} - K_{am}$). Se lo spostamento è diretto verso monte la pressione limite sarà data dalla differenza tra la pressione passiva da monte e la pressione attiva da valle ($K_{pm} - K_{av}$).

Per le molle al di sopra della linea di fondo scavo si assume sempre il criterio di rottura per pressione passiva (a compressione). Naturalmente esse vengono rimosse dall'analisi quando vanno in trazione. In particolare saranno immediatamente eliminate durante l'analisi nel caso di una paratia libera (non soggetta a carichi verso monte) mentre avranno una grossa influenza in presenza di tiranti (soprattutto nel caso di tiranti attivi) e di vincoli.

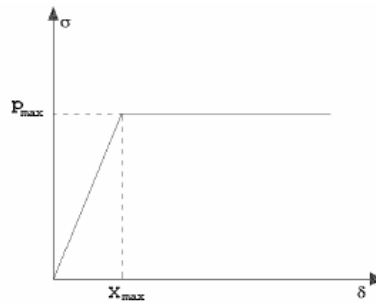


Figura 40 - Legame costitutivo del terreno

Per ciascun strato viene assegnata una costante di winkler corrispondente al rapporto tra la differenza fra pressione passiva di valle ($p_{pass\ valle}$) e pressione attiva di monte ($p_{attiva\ monte}$) e uno spostamento convenzionale u_{xconv} pari a 1.5 cm:

$$k_s = (p_{pass\ valle} - p_{attiva\ monte}) / u_{xconv}$$

10.3 Stratigrafia di riferimento e parametri geotecnici di calcolo

Nella tabella seguente vengono sintetizzati i parametri geotecnici di calcolo adottati nelle analisi. Per quanto riguarda l'attrito terreno-paratia, il calcolo delle spinte è stato condotto considerando angolo di attrito terreno-paratia $\delta_{\text{terr.-paratia}} = \phi'/2$ per la valutazione della spinta attiva mentre l'attrito a favore di sicurezza è stato trascurato ($\delta_{\text{terr.-paratia}} = 0$) nella valutazione della spinta passiva.

STRATO	γ_{sat}	γ_d	c'	ϕ'	$\delta_{\text{terr.-paratia}}$	
	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[kPa]	[°]	Spinta attiva	Spinta passiva
CALCARENITE	20,0	18,0	0	37	18,5	0

Tabella 29 - Sintesi dei parametri geotecnici

Al fine di modellare l'assenza di terreno a monte dell'elemento strutturale, è stato inserito uno strato fittizio (vedi strato in grigio in Figura 41), di caratteristiche fisiche e meccaniche nulle. In tal modo, a meno dei carichi esterni applicati e della spinta idrostatica dell'acqua autoequilibrata, la spinta sugli elementi strutturali sarà nulla per tutta la parte non ammortata dell'opera di protezione.

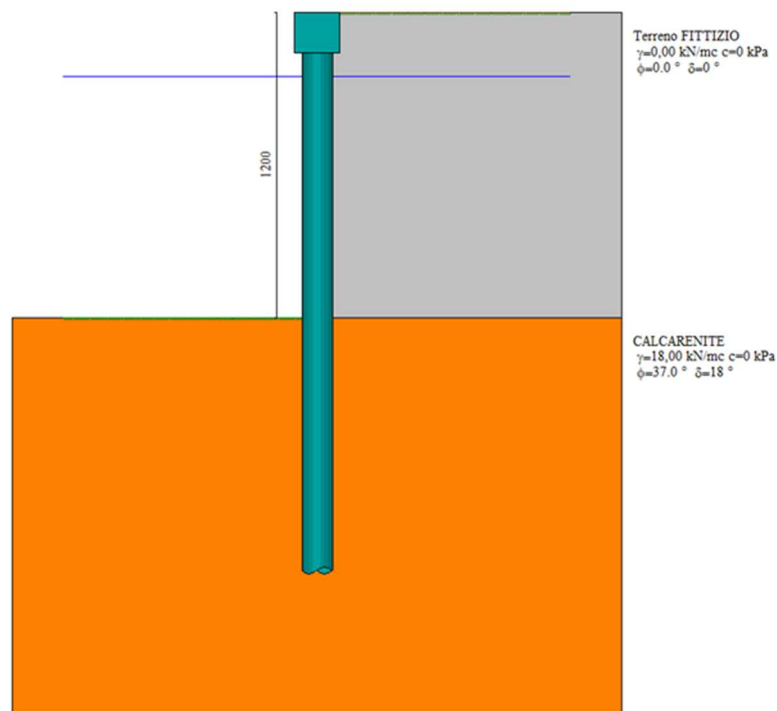


Figura 41 - Modello di calcolo - profilo

10.4 Azioni di progetto

L'azione di progetto deriva dalla forza generata dal possibile urto di imbarcazioni e viene determinata sulla base delle indicazioni fornite dall' Eurocodice 1- Parte 2-7.

In dettaglio, in accordo con il prospetto 4.4 del paragrafo §4.5 dell' Eurocodice (vedi Figura 42), si considera una classe di imbarcazione piccola, corrispondente ad una massa di 3000 t ed un carico orizzontale nominale equivalente pari a $F_d = 15000$ kN.

prospetto 4.4 Caratteristiche delle imbarcazioni e corrispondenti carichi di progetto orizzontali nominali equivalenti per navigazione marina

Classe di imbarcazione	Lunghezza l (m)	Massa m (t)	Forza F_d (kN)
piccola	50	3 000	[15 000]
media	100	10 000	[25 000]
grande	200	40 000	[40 000]
molto grande	300	100 000	[80 000]

Nota - I carichi forniti corrispondono ad una velocità pari a 2,0 m/s circa.

Figura 42 – Prospetto 4.4 – Estratto da Eurocodice 1 – Parte 2-7

In accordo con la normativa di riferimento, l'azione nominale può essere ridotta del 50% in corrispondenza dei porti. Inoltre, l' Eurocodice stabilisce che la forza di impatto massima agente sulla struttura sarà pari al 10 % della forza di impatto della prua dell'imbarcazione.

La forza orizzontale di progetto (H_d) risulta dunque pari a:

$$H_d = F_d \cdot 0.5 \cdot 0.1 = 750 \text{ kN}$$

Essendo il modello di calcolo monodimensionale, occorre valutare l'azione di progetto a metro lineare, dividendo la forza H_d per la lunghezza della trave di coronamento della paratia, ottenendo un carico pari a:

$$h_d = \frac{H_d}{11,3} \approx 70 \text{ kN/m}$$

Si precisa che essendo l'unico carico di progetto un'azione eccezionale, non sono previsti coefficienti amplificativi delle azioni.

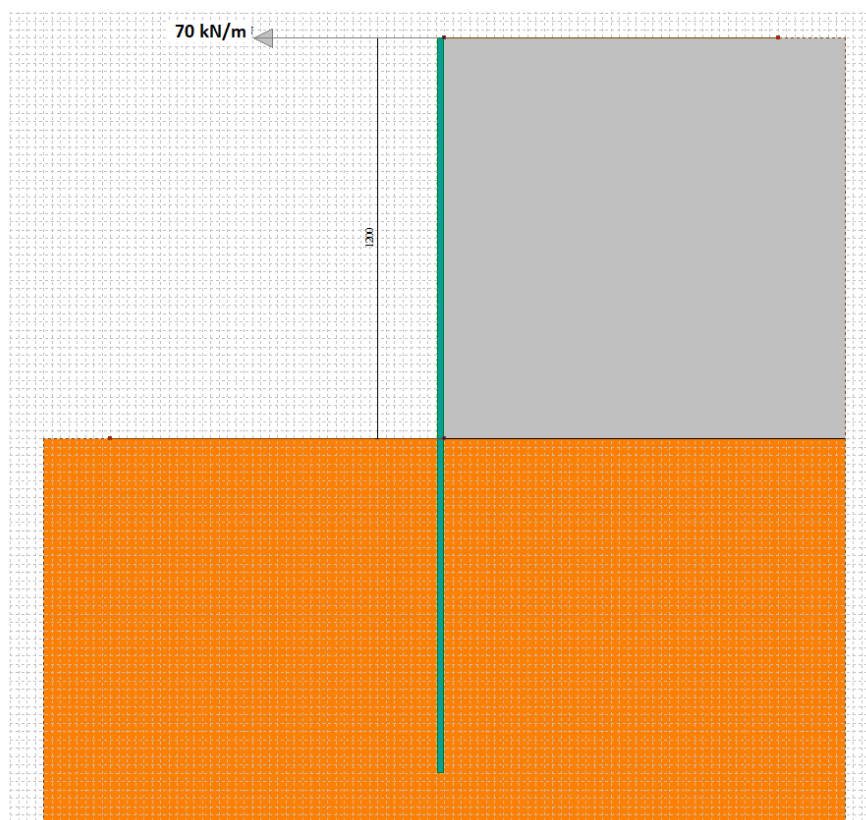


Figura 43 – Azione di progetto

10.5 Risultati

10.5.1 Verifiche strutturali dei pali

Tutte le verifiche resistenza strutturale risultano soddisfatte.

Nelle figure di seguito riportate vengono illustrati i risultati delle analisi eseguite.

Nel dettaglio si riportano:

- Diagrammi delle sollecitazioni sulla paratia di pali (Momento [kNm/m], Taglio, [kN/m] Sforzo Normale[kN/m]);
- Diagrammi delle Pressioni sulla paratia di pali [kPa];
- Verifiche di resistenza strutturali del singolo palo (riporta M_u [kNm], M [kNm] T [kN] N [kN]);

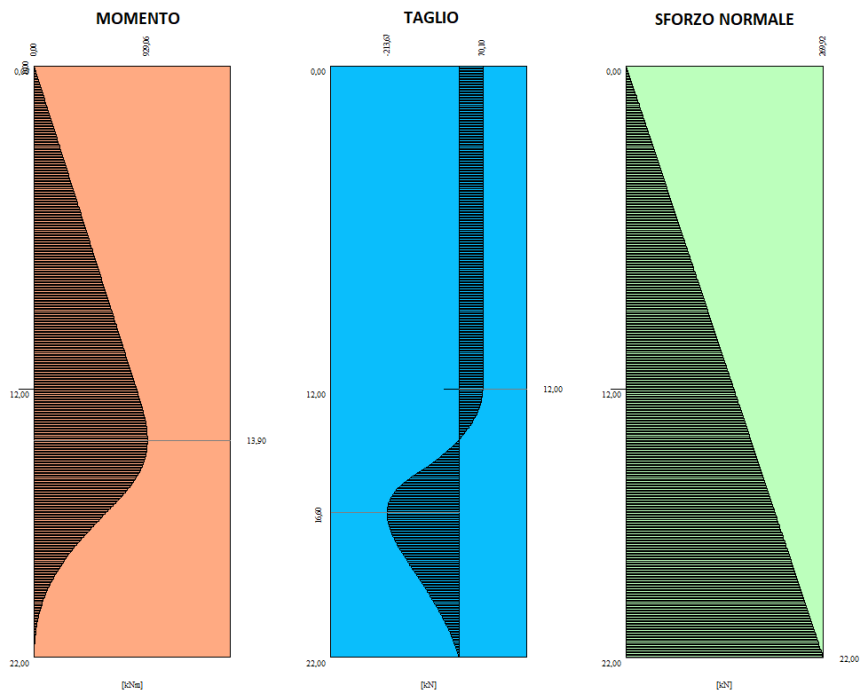


Figura 44 – Diagrammi delle sollecitazioni

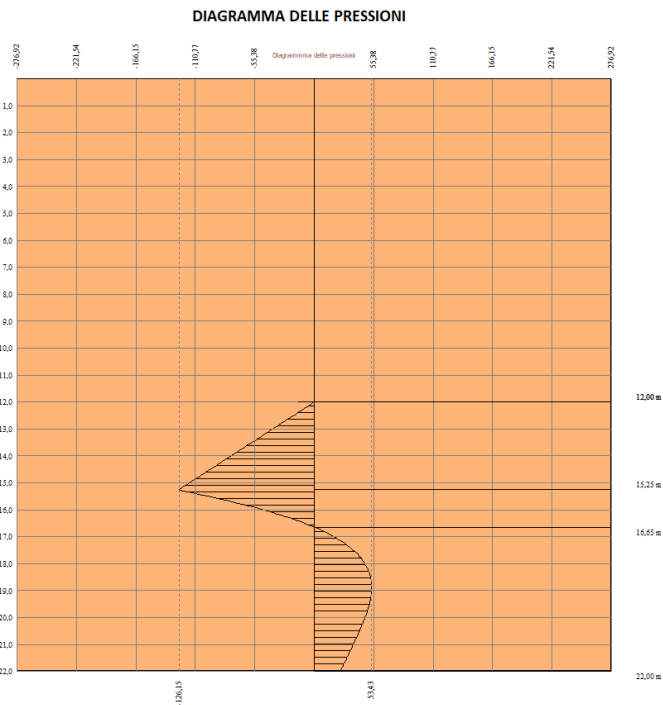


Figura 45 – Diagramma delle pressioni [kPa]

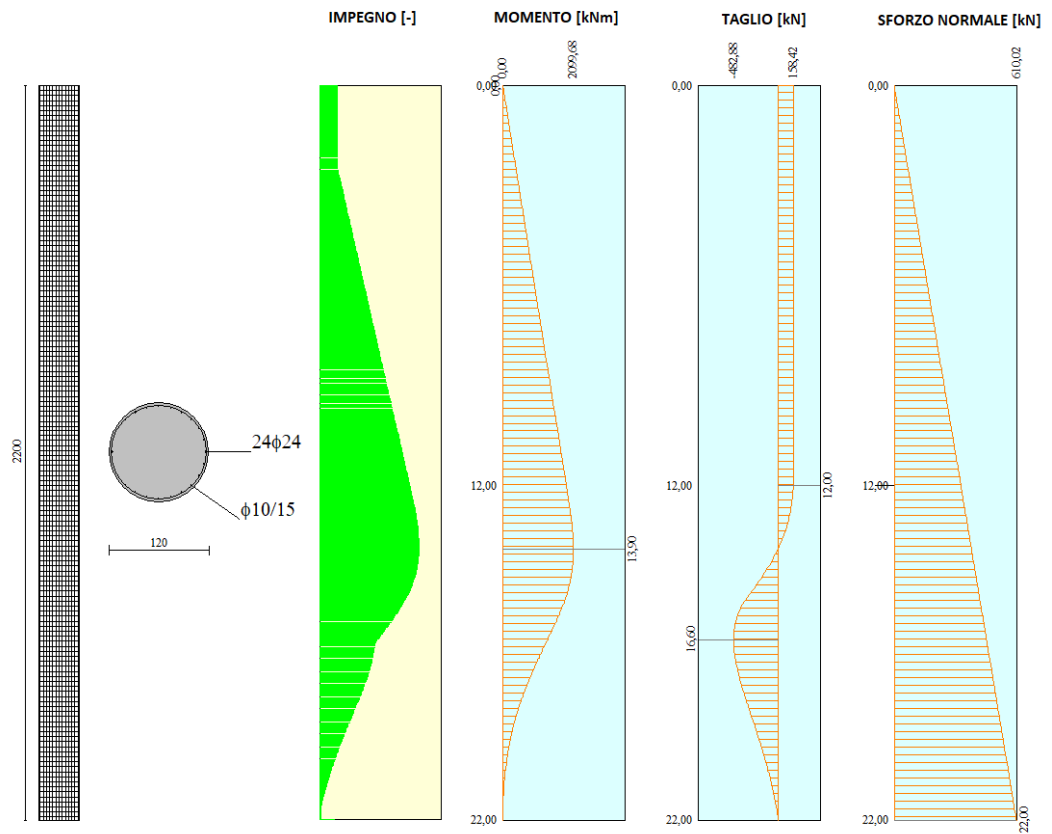
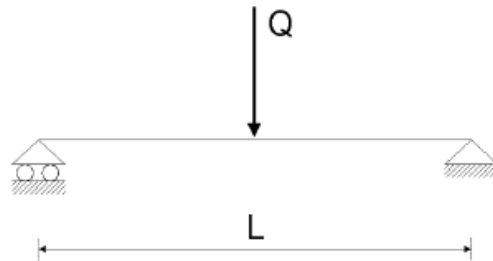


Figura 46 – Verifiche di resistenza strutturale

10.5.2 Verifiche strutturali della trave di coronamento

Per il calcolo del cordolo senza tiranti si fa riferimento allo schema di trave su 2 appoggi con carico concentrato in mezzzeria:



dove:

$$Q = \frac{S_p \cdot L}{n_c} \quad L = \begin{cases} 2 \cdot i_p & \text{per paratie di pali o micropali} \\ 1 \text{ metro} & \text{per paratie a setti in c.a. o sezioni a T} \end{cases}$$

S_p : Spinta sulla paratia;

n_c : numero di cordoli;

i_p : interasse dei pali/micropali;

Il momento massimo e il taglio massimo per il calcolo delle armature sono rispettivamente:

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot L}{4} \quad T_{\max} = \frac{Q}{2}$$

Figura 47 - Schema per il calcolo delle armature del cordolo di testa

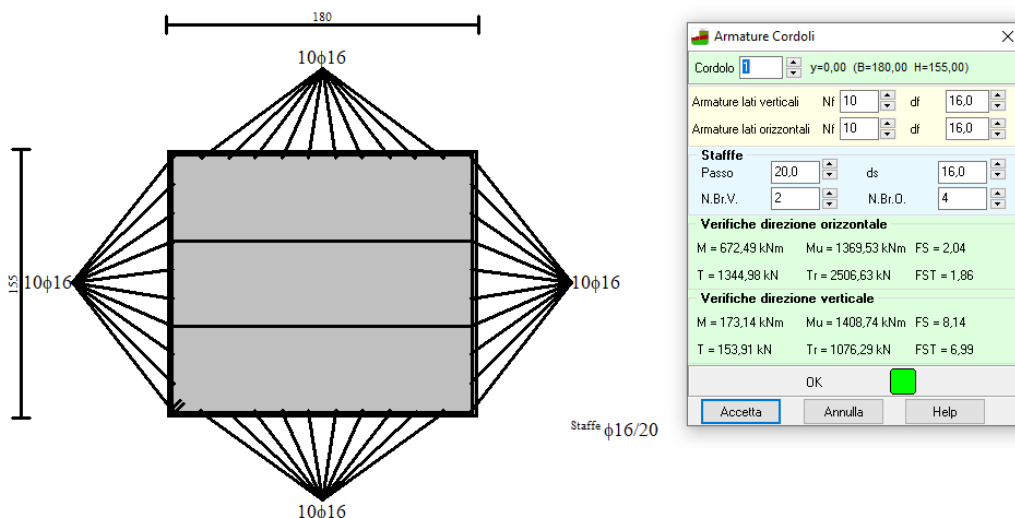


Figura 48 - Verifiche di resistenza del cordolo in c.a.

**ALLEGATO 1- SOLLECITAZIONI PALI IN
CORRISPONDENZA DEL FONDALE**

LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del 28/12/2018

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	M2	M3	FrameElem
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text
Pila cen_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1065,9	208,7	120,4	177,9	291,5	Pila cen_01-1
Pila cen_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2638,3	-206,0	-122,1	-158,6	-302,6	Pila cen_01-1
Pila cen_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-316,0	63,7	305,9	351,2	84,0	Pila cen_01-1
Pila cen_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3388,2	-61,0	-307,7	-332,0	-95,1	Pila cen_01-1
Pila cen_01	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1300,3	2,3	63,3	87,4	-4,2	Pila cen_01-1
Pila cen_01	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3208,2	0,9	-65,8	-62,8	-9,2	Pila cen_01-1
Pila cen_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1325,6	197,4	119,5	177,5	268,9	Pila cen_02-1
Pila cen_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2551,9	-193,4	-122,1	-155,3	-285,1	Pila cen_02-1
Pila cen_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1601,1	60,7	305,1	351,2	75,3	Pila cen_02-1
Pila cen_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2276,4	-56,7	-307,7	-329,0	-91,5	Pila cen_02-1
Pila cen_02	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1678,5	3,3	62,5	88,3	-6,8	Pila cen_02-1
Pila cen_02	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3001,7	1,6	-66,1	-60,1	-12,8	Pila cen_02-1
Pila cen_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1247,3	201,3	119,5	180,1	272,1	Pila cen_03-1
Pila cen_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2817,7	-198,2	-122,8	-155,6	-285,8	Pila cen_03-1
Pila cen_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-496,3	61,7	305,2	354,0	77,5	Pila cen_03-1
Pila cen_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3568,7	-58,6	-308,5	-329,5	-91,2	Pila cen_03-1
Pila cen_03	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1487,4	2,8	62,3	90,5	-5,1	Pila cen_03-1
Pila cen_03	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3471,8	1,0	-66,7	-59,4	-11,6	Pila cen_03-1
Pila cen_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1263,5	218,2	92,1	121,3	331,7	Pila cen_04-1
Pila cen_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2423,2	-217,5	-94,7	-98,5	-336,2	Pila cen_04-1
Pila cen_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-303,8	65,8	309,1	371,1	98,0	Pila cen_04-1
Pila cen_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3382,9	-65,1	-311,7	-348,4	-102,5	Pila cen_04-1
Pila cen_04	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1287,2	0,6	64,2	94,4	-2,1	Pila cen_04-1
Pila cen_04	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3202,2	0,2	-67,8	-65,5	-3,2	Pila cen_04-1
Pila cen_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1641,0	203,9	92,1	121,3	304,0	Pila cen_05-1
Pila cen_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2231,0	-203,4	-94,7	-98,5	-308,1	Pila cen_05-1
Pila cen_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1644,7	61,3	309,1	371,1	89,8	Pila cen_05-1
Pila cen_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2227,3	-60,9	-311,7	-348,4	-93,9	Pila cen_05-1
Pila cen_05	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1672,0	0,4	64,2	94,4	-2,0	Pila cen_05-1
Pila cen_05	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3003,4	0,2	-67,8	-65,5	-2,8	Pila cen_05-1
Pila cen_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1448,0	211,5	92,1	121,3	317,9	Pila cen_06-1
Pila cen_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2609,2	-211,3	-94,7	-98,5	-321,6	Pila cen_06-1
Pila cen_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-484,3	63,6	309,1	371,1	94,2	Pila cen_06-1
Pila cen_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3572,9	-63,4	-311,7	-348,4	-97,9	Pila cen_06-1
Pila cen_06	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1477,6	0,2	64,2	94,4	-1,8	Pila cen_06-1
Pila cen_06	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3474,5	0,0	-67,8	-65,5	-2,6	Pila cen_06-1
Pila cen_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1024,2	207,1	121,1	177,3	300,5	Pila cen_07-1
Pila cen_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2596,8	-208,6	-121,5	-161,5	-297,3	Pila cen_07-1
Pila cen_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-281,5	61,6	302,1	344,3	91,5	Pila cen_07-1
Pila cen_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3339,5	-63,2	-302,5	-328,5	-88,3	Pila cen_07-1
Pila cen_07	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1259,8	-0,2	64,3	86,1	4,7	Pila cen_07-1
Pila cen_07	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3151,4	-1,7	-65,3	-65,7	-0,5	Pila cen_07-1
Pila cen_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1283,9	189,5	116,7	177,8	278,6	Pila cen_08-1
Pila cen_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2491,3	-196,3	-121,8	-146,1	-257,8	Pila cen_08-1
Pila cen_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1557,6	54,7	295,4	337,5	91,9	Pila cen_08-1
Pila cen_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2217,5	-61,5	-300,5	-305,8	-71,1	Pila cen_08-1
Pila cen_08	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1626,9	-2,4	60,8	93,8	18,7	Pila cen_08-1
Pila cen_08	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2932,7	-5,9	-67,4	-53,9	6,8	Pila cen_08-1
Pila cen_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1205,7	199,2	119,9	181,5	284,8	Pila cen_09-1
Pila cen_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-2774,6	-201,9	-122,8	-157,1	-278,8	Pila cen_09-1
Pila cen_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-452,5	59,0	301,2	350,0	87,9	Pila cen_09-1
Pila cen_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3527,8	-61,6	-304,2	-325,5	-81,9	Pila cen_09-1
Pila cen_09	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1444,3	-0,8	62,8	91,6	6,8	Pila cen_09-1
Pila cen_09	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-3415,5	-2,5	-66,8	-60,5	0,8	Pila cen_09-1
Impalcato1_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-238,7	146,2	120,0	218,3	136,2	Impalcato1_01-1
Impalcato1_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1141,1	-158,9	-132,2	-158,0	-137,8	Impalcato1_01-1
Impalcato1_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-476,7	102,2	122,1	252,3	129,7	Impalcato1_01-1
Impalcato1_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-903,1	-114,9	-134,3	-192,0	-131,3	Impalcato1_01-1
Impalcato1_01	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-341,1	97,3	72,7	232,6	121,5	Impalcato1_01-1
Impalcato1_01	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1934,0	-97,9	-140,7	-196,7	-140,0	Impalcato1_01-1
Impalcato1_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-614,5	142,7	139,7	165,9	143,4	Impalcato1_02-1
Impalcato1_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1428,8	-167,0	-136,1	-133,1	-127,1	Impalcato1_02-1
Impalcato1_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-397,6	111,1	141,1	199,1	144,2	Impalcato1_02-1
Impalcato1_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1645,7	-135,5	-137,4	-166,2	-128,0	Impalcato1_02-1
Impalcato1_02	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-460,6	111,6	95,2	163,6	167,4	Impalcato1_02-1

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	M2	M3	FrameElem
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text
Impalcato1_02	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2914,8	-139,3	-135,3	-167,5	-185,0	Impalcato1_02-1
Impalcato1_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-494,9	157,5	99,6	195,6	113,5	Impalcato1_03-1
Impalcato1_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1035,3	-165,7	-110,4	-130,0	-109,8	Impalcato1_03-1
Impalcato1_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-300,4	70,2	148,6	271,5	67,0	Impalcato1_03-1
Impalcato1_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1229,8	-78,4	-159,4	-205,8	-63,3	Impalcato1_03-1
Impalcato1_03	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-586,9	46,8	81,4	234,9	53,9	Impalcato1_03-1
Impalcato1_03	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1628,9	-74,1	-141,6	-199,7	-68,4	Impalcato1_03-1
Impalcato1_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-668,0	163,3	83,6	170,5	118,0	Impalcato1_04-1
Impalcato1_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1097,8	-168,7	-93,3	-103,9	-104,1	Impalcato1_04-1
Impalcato1_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-450,7	53,5	159,2	272,7	65,2	Impalcato1_04-1
Impalcato1_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1315,1	-59,0	-168,9	-206,1	-51,3	Impalcato1_04-1
Impalcato1_04	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-673,8	26,1	82,7	224,1	43,5	Impalcato1_04-1
Impalcato1_04	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1773,9	-71,6	-134,9	-184,7	-54,6	Impalcato1_04-1
Impalcato1_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-969,5	166,4	95,3	130,5	113,1	Impalcato1_05-1
Impalcato1_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1605,1	-172,1	-86,4	-96,2	-100,6	Impalcato1_05-1
Impalcato1_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-830,4	55,1	174,3	224,7	53,1	Impalcato1_05-1
Impalcato1_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1744,2	-60,9	-165,5	-190,3	-40,7	Impalcato1_05-1
Impalcato1_05	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-705,3	34,6	92,5	162,4	54,5	Impalcato1_05-1
Impalcato1_05	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2754,3	-85,7	-119,7	-164,6	-71,5	Impalcato1_05-1
Impalcato1_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-802,2	164,0	69,2	152,7	98,6	Impalcato1_06-1
Impalcato1_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1116,5	-162,7	-77,9	-85,9	-97,1	Impalcato1_06-1
Impalcato1_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-579,8	53,8	164,0	271,0	35,3	Impalcato1_06-1
Impalcato1_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1338,9	-52,5	-172,7	-204,2	-33,8	Impalcato1_06-1
Impalcato1_06	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-812,1	19,0	84,7	216,6	22,0	Impalcato1_06-1
Impalcato1_06	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1840,3	-56,2	-125,5	-162,4	-50,1	Impalcato1_06-1
Impalcato1_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1142,7	166,5	78,1	124,4	98,5	Impalcato1_07-1
Impalcato1_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1582,6	-166,1	-73,2	-81,3	-97,1	Impalcato1_07-1
Impalcato1_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-905,3	54,0	174,2	243,5	39,4	Impalcato1_07-1
Impalcato1_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1820,0	-53,6	-169,3	-200,4	-38,0	Impalcato1_07-1
Impalcato1_07	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1091,9	24,2	97,0	189,6	27,1	Impalcato1_07-1
Impalcato1_07	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2698,1	-68,0	-120,9	-166,8	-57,5	Impalcato1_07-1
Impalcato1_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-796,4	164,8	64,3	144,8	88,8	Impalcato1_08-1
Impalcato1_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1106,8	-162,9	-72,4	-76,9	-88,4	Impalcato1_08-1
Impalcato1_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-539,9	52,6	170,4	269,5	29,3	Impalcato1_08-1
Impalcato1_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1363,3	-50,7	-178,5	-201,6	-29,0	Impalcato1_08-1
Impalcato1_08	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-804,7	13,3	89,2	222,4	17,0	Impalcato1_08-1
Impalcato1_08	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1842,0	-49,8	-118,7	-146,6	-42,4	Impalcato1_08-1
Impalcato1_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1184,3	166,0	71,7	129,2	86,5	Impalcato1_09-1
Impalcato1_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1540,3	-164,9	-67,7	-82,9	-86,2	Impalcato1_09-1
Impalcato1_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-920,8	51,6	178,4	252,4	27,5	Impalcato1_09-1
Impalcato1_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1803,8	-50,5	-174,4	-206,1	-27,2	Impalcato1_09-1
Impalcato1_09	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1182,4	14,7	103,0	208,5	21,1	Impalcato1_09-1
Impalcato1_09	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2641,5	-58,2	-114,7	-164,2	-48,1	Impalcato1_09-1
Impalcato1_10	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-762,9	172,6	72,2	152,4	84,6	Impalcato1_10-1
Impalcato1_10	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1141,4	-171,1	-79,5	-83,7	-83,6	Impalcato1_10-1
Impalcato1_10	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-499,5	57,8	177,2	269,4	31,6	Impalcato1_10-1
Impalcato1_10	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1404,9	-56,2	-184,4	-200,7	-30,6	Impalcato1_10-1
Impalcato1_10	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-748,2	24,5	97,6	231,5	25,3	Impalcato1_10-1
Impalcato1_10	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1871,8	-63,6	-111,0	-132,0	-50,8	Impalcato1_10-1
Impalcato1_11	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1142,8	172,9	78,2	130,9	84,2	Impalcato1_11-1
Impalcato1_11	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1588,7	-171,7	-74,0	-83,1	-84,0	Impalcato1_11-1
Impalcato1_11	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-886,6	55,9	183,4	252,3	34,8	Impalcato1_11-1
Impalcato1_11	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1845,0	-54,8	-179,2	-204,5	-34,5	Impalcato1_11-1
Impalcato1_11	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1152,8	22,5	108,0	224,2	29,2	Impalcato1_11-1
Impalcato1_11	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2705,1	-70,0	-103,8	-156,8	-57,7	Impalcato1_11-1
Impalcato1_12	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-645,2	179,6	90,2	159,7	79,1	Impalcato1_12-1
Impalcato1_12	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1206,7	-174,4	-95,6	-92,1	-85,2	Impalcato1_12-1
Impalcato1_12	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-393,5	63,5	183,5	265,8	31,4	Impalcato1_12-1
Impalcato1_12	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1458,4	-58,3	-188,9	-198,2	-37,5	Impalcato1_12-1
Impalcato1_12	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-544,1	36,7	104,2	236,9	29,3	Impalcato1_12-1
Impalcato1_12	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1958,8	-72,1	-103,3	-120,0	-61,0	Impalcato1_12-1
Impalcato1_13	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1019,5	180,3	95,1	144,2	75,6	Impalcato1_13-1
Impalcato1_13	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1617,7	-173,8	-90,0	-96,4	-85,7	Impalcato1_13-1
Impalcato1_13	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-774,4	62,5	188,3	252,5	28,2	Impalcato1_13-1
Impalcato1_13	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1862,7	-56,0	-183,1	-204,6	-38,4	Impalcato1_13-1

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	M2	M3	FrameElem
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text
Impalcato1_13	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-980,4	36,1	112,2	237,3	29,6	Impalcato1_13-1
Impalcato1_13	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2769,5	-77,9	-92,9	-151,0	-68,1	Impalcato1_13-1
Impalcato1_14	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-267,5	189,3	111,2	171,0	118,6	Impalcato1_14-1
Impalcato1_14	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1128,6	-172,8	-114,0	-106,4	-147,6	Impalcato1_14-1
Impalcato1_14	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-226,2	78,7	184,0	267,9	73,6	Impalcato1_14-1
Impalcato1_14	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1169,9	-62,2	-186,7	-203,4	-102,6	Impalcato1_14-1
Impalcato1_14	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-178,9	83,6	104,8	242,6	108,7	Impalcato1_14-1
Impalcato1_14	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1948,9	-108,1	-103,4	-110,7	-156,9	Impalcato1_14-1
Impalcato1_15	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-549,3	195,7	116,6	161,1	101,6	Impalcato1_15-1
Impalcato1_15	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1440,9	-174,0	-109,6	-115,2	-141,9	Impalcato1_15-1
Impalcato1_15	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-473,6	83,2	189,2	258,1	52,1	Impalcato1_15-1
Impalcato1_15	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1516,6	-61,5	-182,2	-212,2	-92,4	Impalcato1_15-1
Impalcato1_15	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-495,5	92,8	120,2	256,5	106,1	Impalcato1_15-1
Impalcato1_15	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2823,8	-120,0	-92,8	-164,6	-168,8	Impalcato1_15-1
Impalcato2_16	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-320,7	155,0	87,6	150,6	127,3	Impalcato2_16-1
Impalcato2_16	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1075,4	-172,0	-90,0	-85,8	-99,3	Impalcato2_16-1
Impalcato2_16	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-167,0	64,6	230,3	302,7	102,3	Impalcato2_16-1
Impalcato2_16	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1229,2	-81,5	-232,7	-237,8	-74,3	Impalcato2_16-1
Impalcato2_16	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-282,0	74,2	85,5	224,3	128,5	Impalcato2_16-1
Impalcato2_16	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1983,9	-120,0	-119,1	-133,5	-132,1	Impalcato2_16-1
Impalcato2_17	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-584,0	160,0	94,0	142,2	121,6	Impalcato2_17-1
Impalcato2_17	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1406,3	-182,0	-86,7	-96,0	-82,2	Impalcato2_17-1
Impalcato2_17	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-448,9	66,2	238,0	289,8	93,3	Impalcato2_17-1
Impalcato2_17	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1541,4	-88,1	-230,7	-243,6	-53,9	Impalcato2_17-1
Impalcato2_17	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-543,9	77,9	105,5	233,6	140,9	Impalcato2_17-1
Impalcato2_17	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2820,6	-132,9	-112,6	-184,6	-136,8	Impalcato2_17-1
Impalcato2_18	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-670,9	160,0	78,6	147,3	53,5	Impalcato2_18-1
Impalcato2_18	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1165,8	-166,0	-84,0	-78,0	-48,0	Impalcato2_18-1
Impalcato2_18	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-354,3	62,3	204,3	263,6	33,8	Impalcato2_18-1
Impalcato2_18	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1482,4	-68,3	-209,6	-194,3	-28,3	Impalcato2_18-1
Impalcato2_18	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-568,0	32,7	92,7	229,6	35,7	Impalcato2_18-1
Impalcato2_18	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1945,2	-72,7	-117,5	-140,0	-45,8	Impalcato2_18-1
Impalcato2_19	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1046,9	165,2	83,9	132,1	52,0	Impalcato2_19-1
Impalcato2_19	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1575,2	-172,5	-78,5	-83,8	-42,3	Impalcato2_19-1
Impalcato2_19	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-732,0	65,3	209,9	249,6	32,4	Impalcato2_19-1
Impalcato2_19	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1890,1	-72,6	-204,5	-201,4	-22,7	Impalcato2_19-1
Impalcato2_19	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-933,0	35,4	102,2	229,4	40,2	Impalcato2_19-1
Impalcato2_19	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2757,9	-82,7	-108,0	-173,5	-47,6	Impalcato2_19-1
Impalcato2_20	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-753,1	163,7	69,3	145,1	30,5	Impalcato2_20-1
Impalcato2_20	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1121,6	-166,0	-76,7	-73,0	-32,9	Impalcato2_20-1
Impalcato2_20	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-502,7	62,9	174,9	231,5	13,5	Impalcato2_20-1
Impalcato2_20	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1371,9	-65,2	-182,3	-159,4	-15,9	Impalcato2_20-1
Impalcato2_20	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-752,6	25,2	93,5	237,1	24,4	Impalcato2_20-1
Impalcato2_20	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1851,4	-62,1	-115,3	-138,7	-40,9	Impalcato2_20-1
Impalcato2_21	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1139,8	170,4	74,7	137,0	29,5	Impalcato2_21-1
Impalcato2_21	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1562,1	-172,0	-70,6	-88,3	-31,5	Impalcato2_21-1
Impalcato2_21	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-888,3	67,2	180,3	221,2	15,0	Impalcato2_21-1
Impalcato2_21	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1813,6	-68,7	-176,1	-172,5	-16,9	Impalcato2_21-1
Impalcato2_21	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1135,3	28,0	102,9	233,0	29,7	Impalcato2_21-1
Impalcato2_21	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2681,4	-70,6	-106,1	-172,7	-45,4	Impalcato2_21-1
Impalcato2_22	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-773,3	164,2	63,4	136,0	21,9	Impalcato2_22-1
Impalcato2_22	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1062,6	-166,1	-71,8	-63,4	-25,0	Impalcato2_22-1
Impalcato2_22	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-568,4	61,2	147,7	200,7	15,9	Impalcato2_22-1
Impalcato2_22	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1267,5	-63,1	-156,1	-128,1	-19,1	Impalcato2_22-1
Impalcato2_22	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-788,3	15,6	90,8	239,4	18,4	Impalcato2_22-1
Impalcato2_22	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1790,7	-53,2	-109,9	-134,2	-30,3	Impalcato2_22-1
Impalcato2_23	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1139,0	171,3	68,9	127,0	15,2	Impalcato2_23-1
Impalcato2_23	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1518,4	-172,2	-65,4	-78,7	-18,6	Impalcato2_23-1
Impalcato2_23	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-956,8	65,6	153,1	191,1	9,3	Impalcato2_23-1
Impalcato2_23	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1700,6	-66,5	-149,6	-142,8	-12,7	Impalcato2_23-1
Impalcato2_23	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1211,2	17,6	101,9	234,9	23,6	Impalcato2_23-1
Impalcato2_23	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2590,1	-61,8	-101,4	-169,8	-34,0	Impalcato2_23-1
Impalcato2_24	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-744,0	202,0	75,6	133,7	81,8	Impalcato2_24-1
Impalcato2_24	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1059,4	-204,1	-84,0	-52,1	-85,0	Impalcato2_24-1
Impalcato2_24	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-560,2	76,1	153,0	151,5	35,6	Impalcato2_24-1

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	M2	M3	FrameElem
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text
Impalcato2_24	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1243,2	-78,2	-161,5	-69,9	-38,8	Impalcato2_24-1
Impalcato2_24	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-724,0	22,3	106,9	293,6	39,5	Impalcato2_24-1
Impalcato2_24	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1802,0	-69,0	-119,8	-165,7	-34,6	Impalcato2_24-1
Impalcato2_25	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1061,6	211,1	81,4	115,4	89,3	Impalcato2_25-1
Impalcato2_25	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1566,0	-211,5	-76,7	-66,1	-94,3	Impalcato2_25-1
Impalcato2_25	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-938,7	81,9	158,7	136,2	37,0	Impalcato2_25-1
Impalcato2_25	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1688,9	-82,3	-154,1	-86,9	-42,0	Impalcato2_25-1
Impalcato2_25	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1129,7	24,4	117,7	285,9	51,4	Impalcato2_25-1
Impalcato2_25	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2629,8	-80,3	-109,6	-212,9	-43,4	Impalcato2_25-1
Impalcato2_26	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-606,1	255,7	100,2	150,9	221,8	Impalcato2_26-1
Impalcato2_26	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1092,4	-253,4	-107,2	-63,5	-238,4	Impalcato2_26-1
Impalcato2_26	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-418,6	101,4	175,3	166,2	86,2	Impalcato2_26-1
Impalcato2_26	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1279,9	-99,1	-182,3	-78,7	-102,8	Impalcato2_26-1
Impalcato2_26	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-489,4	46,0	128,8	353,8	94,6	Impalcato2_26-1
Impalcato2_26	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1851,8	-98,2	-131,3	-212,6	-70,6	Impalcato2_26-1
Impalcato2_27	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-915,2	266,7	106,3	129,8	228,5	Impalcato2_27-1
Impalcato2_27	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1567,1	-260,0	-99,4	-82,2	-255,0	Impalcato2_27-1
Impalcato2_27	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-791,1	108,8	181,7	147,1	86,1	Impalcato2_27-1
Impalcato2_27	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1691,3	-102,2	-174,8	-99,4	-112,6	Impalcato2_27-1
Impalcato2_27	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-908,0	48,3	140,2	338,1	107,8	Impalcato2_27-1
Impalcato2_27	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2664,0	-109,2	-118,5	-267,9	-80,6	Impalcato2_27-1
Impalcato2_28	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-2,7	323,2	138,5	222,5	383,7	Impalcato2_28-1
Impalcato2_28	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1178,2	-302,8	-142,1	-135,8	-464,2	Impalcato2_28-1
Impalcato2_28	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-141,6	144,5	230,1	291,9	163,0	Impalcato2_28-1
Impalcato2_28	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1039,4	-124,1	-233,7	-205,3	-243,5	Impalcato2_28-1
Impalcato2_28	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-49,7	127,7	146,5	438,1	332,4	Impalcato2_28-1
Impalcato2_28	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1805,8	-172,3	-142,8	-271,4	-327,3	Impalcato2_28-1
Impalcato2_29	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-396,9	343,5	147,8	207,7	399,5	Impalcato2_29-1
Impalcato2_29	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1379,0	-311,7	-137,0	-168,2	-513,8	Impalcato2_29-1
Impalcato2_29	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-413,2	160,0	241,3	284,5	166,4	Impalcato2_29-1
Impalcato2_29	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1362,7	-128,2	-230,5	-245,0	-280,7	Impalcato2_29-1
Impalcato2_29	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-371,9	141,1	175,3	426,6	367,7	Impalcato2_29-1
Impalcato2_29	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2676,5	-190,6	-130,3	-385,9	-371,5	Impalcato2_29-1
Spallaa_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	350,5	359,8	62,6	34,2	231,7	Spallaa_01-1
Spallaa_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1173,4	-336,0	-53,6	-48,3	-202,0	Spallaa_01-1
Spallaa_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	152,2	127,5	166,3	47,6	100,6	Spallaa_01-1
Spallaa_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-975,1	-103,7	-157,2	-61,8	-70,9	Spallaa_01-1
Spallaa_01	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-69,7	73,5	61,5	115,3	168,2	Spallaa_01-1
Spallaa_01	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1618,4	-156,2	-62,2	-112,4	-115,8	Spallaa_01-1
Spallaa_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	172,6	224,1	46,5	7,1	238,2	Spallaa_02-1
Spallaa_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-977,6	-204,3	-44,2	-2,3	-194,8	Spallaa_02-1
Spallaa_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-199,9	79,7	152,0	14,5	99,5	Spallaa_02-1
Spallaa_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-605,1	-59,9	-149,7	-9,7	-56,1	Spallaa_02-1
Spallaa_02	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-205,8	54,3	32,4	49,2	98,2	Spallaa_02-1
Spallaa_02	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1433,9	-95,7	-35,3	-35,4	-169,6	Spallaa_02-1
Spallaa_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	313,3	349,3	54,1	57,6	252,6	Spallaa_03-1
Spallaa_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1163,7	-330,0	-59,9	-31,1	-217,1	Spallaa_03-1
Spallaa_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	129,2	122,3	155,3	76,6	109,0	Spallaa_03-1
Spallaa_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-979,6	-102,9	-161,0	-50,1	-73,5	Spallaa_03-1
Spallaa_03	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-88,4	72,8	58,2	135,2	180,2	Spallaa_03-1
Spallaa_03	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1657,1	-154,4	-65,2	-114,9	-122,7	Spallaa_03-1
Spallaa_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-546,6	349,2	62,2	24,3	259,4	Spallaa_04-1
Spallaa_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-984,1	-345,3	-54,9	-31,8	-174,6	Spallaa_04-1
Spallaa_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-175,0	110,9	177,6	44,2	115,7	Spallaa_04-1
Spallaa_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1355,7	-107,0	-170,3	-51,7	-30,9	Spallaa_04-1
Spallaa_04	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-538,6	19,8	48,1	65,2	153,9	Spallaa_04-1
Spallaa_04	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1475,3	-141,6	-47,4	-68,3	8,4	Spallaa_04-1
Spallaa_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-604,1	217,7	46,4	14,9	222,2	Spallaa_05-1
Spallaa_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-831,0	-214,4	-45,3	-5,5	-134,8	Spallaa_05-1
Spallaa_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-625,1	68,1	152,7	37,9	101,5	Spallaa_05-1
Spallaa_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-810,0	-64,8	-151,6	-28,6	-14,1	Spallaa_05-1
Spallaa_05	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-489,8	18,3	26,2	31,5	84,9	Spallaa_05-1
Spallaa_05	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1513,9	-88,7	-30,5	-16,4	-62,6	Spallaa_05-1
Spallaa_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-582,9	338,7	55,2	41,9	281,4	Spallaa_06-1
Spallaa_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1007,2	-339,4	-59,0	-19,6	-188,7	Spallaa_06-1

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	M2	M3	FrameElem
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text
Spallaa_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-215,2	105,8	167,9	69,3	125,0	Spallaa_06-1
Spallaa_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1374,9	-106,4	-171,7	-47,0	-32,3	Spallaa_06-1
Spallaa_06	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-591,1	17,2	41,8	79,4	166,0	Spallaa_06-1
Spallaa_06	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1539,9	-140,4	-49,0	-55,1	7,8	Spallaa_06-1
Spallaa_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1330,9	268,5	58,1	20,3	126,7	Spallaa_07-1
Spallaa_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1884,7	-305,0	-57,1	-11,5	35,1	Spallaa_07-1
Spallaa_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-907,9	73,3	185,3	53,5	114,3	Spallaa_07-1
Spallaa_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2307,7	-109,9	-184,2	-44,7	47,6	Spallaa_07-1
Spallaa_07	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1372,3	4,0	37,7	23,5	157,3	Spallaa_07-1
Spallaa_07	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2607,8	-151,1	-41,2	-10,6	43,5	Spallaa_07-1
Spallaa_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1570,7	276,7	56,6	16,1	117,7	Spallaa_08-1
Spallaa_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1948,7	-314,3	-55,5	-7,2	44,2	Spallaa_08-1
Spallaa_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1589,1	73,7	186,7	42,4	112,5	Spallaa_08-1
Spallaa_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1930,2	-111,3	-185,6	-33,5	49,4	Spallaa_08-1
Spallaa_08	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1577,4	1,6	33,4	20,1	152,7	Spallaa_08-1
Spallaa_08	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2693,3	-153,3	-37,0	-6,9	43,8	Spallaa_08-1
Spallaa_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1349,1	262,1	56,1	24,6	144,0	Spallaa_09-1
Spallaa_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1904,3	-299,4	-56,1	-13,1	18,7	Spallaa_09-1
Spallaa_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-934,3	70,9	179,8	64,3	117,9	Spallaa_09-1
Spallaa_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2319,1	-108,2	-179,8	-52,9	44,9	Spallaa_09-1
Spallaa_09	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1363,9	3,5	36,2	27,1	165,6	Spallaa_09-1
Spallaa_09	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2656,9	-149,1	-41,4	-10,7	43,5	Spallaa_09-1
Spallaa_10	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1734,6	261,6	52,8	28,2	85,7	Spallaa_10-1
Spallaa_10	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-3233,0	-247,5	-60,3	6,1	-65,2	Spallaa_10-1
Spallaa_10	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1584,7	90,9	177,6	48,5	51,8	Spallaa_10-1
Spallaa_10	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3382,9	-76,8	-185,1	-14,2	-31,4	Spallaa_10-1
Spallaa_10	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1738,6	34,4	34,4	41,2	43,1	Spallaa_10-1
Spallaa_10	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-4179,7	-107,6	-47,6	0,2	-56,6	Spallaa_10-1
Spallaa_11	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1930,0	270,8	53,0	24,3	93,6	Spallaa_11-1
Spallaa_11	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-3430,4	-254,9	-54,2	-7,3	-77,5	Spallaa_11-1
Spallaa_11	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-2230,1	91,0	176,8	58,3	41,8	Spallaa_11-1
Spallaa_11	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3130,4	-75,1	-178,0	-41,3	-25,8	Spallaa_11-1
Spallaa_11	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1968,6	33,7	33,4	30,5	39,8	Spallaa_11-1
Spallaa_11	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-4371,2	-107,7	-39,8	-9,0	-63,1	Spallaa_11-1
Spallaa_12	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1740,2	255,0	60,2	2,3	71,6	Spallaa_12-1
Spallaa_12	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-3195,0	-243,1	-49,9	-18,7	-49,9	Spallaa_12-1
Spallaa_12	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1581,6	88,0	181,7	22,1	52,6	Spallaa_12-1
Spallaa_12	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-3353,7	-76,0	-171,4	-38,6	-30,9	Spallaa_12-1
Spallaa_12	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1705,1	33,4	43,7	8,9	44,9	Spallaa_12-1
Spallaa_12	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-4167,1	-105,3	-36,5	-26,1	-54,2	Spallaa_12-1
SpallaaB_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-895,4	188,0	89,0	28,5	54,3	SpallaaB_01-1
SpallaaB_01	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1925,7	-202,2	-87,4	-25,4	-40,9	SpallaaB_01-1
SpallaaB_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-584,9	88,3	289,0	89,1	26,7	SpallaaB_01-1
SpallaaB_01	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2236,3	-102,5	-287,4	-85,9	-13,3	SpallaaB_01-1
SpallaaB_01	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-989,0	20,8	69,8	42,7	30,3	SpallaaB_01-1
SpallaaB_01	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2710,0	-76,5	-83,1	-40,2	-31,0	SpallaaB_01-1
SpallaaB_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-962,4	187,6	87,0	27,5	53,7	SpallaaB_02-1
SpallaaB_02	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1878,4	-201,7	-85,3	-24,8	-39,2	SpallaaB_02-1
SpallaaB_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1173,1	55,3	287,5	87,1	24,7	SpallaaB_02-1
SpallaaB_02	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1667,7	-69,4	-285,7	-84,3	-10,2	SpallaaB_02-1
SpallaaB_02	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1242,9	15,4	65,6	42,4	29,1	SpallaaB_02-1
SpallaaB_02	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2507,8	-81,8	-79,0	-39,7	-31,2	SpallaaB_02-1
SpallaaB_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-906,9	189,1	89,5	27,4	54,6	SpallaaB_03-1
SpallaaB_03	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1951,9	-202,4	-86,9	-26,5	-40,6	SpallaaB_03-1
SpallaaB_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-600,3	89,4	289,3	88,2	26,9	SpallaaB_03-1
SpallaaB_03	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2258,5	-102,6	-286,7	-87,4	-12,9	SpallaaB_03-1
SpallaaB_03	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1019,4	20,9	70,4	41,0	31,1	SpallaaB_03-1
SpallaaB_03	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2774,6	-96,9	-82,6	-40,9	-35,3	SpallaaB_03-1
SpallaaB_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1029,0	197,1	65,5	20,6	26,6	SpallaaB_04-1
SpallaaB_04	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1646,1	-198,5	-64,1	-19,1	-43,4	SpallaaB_04-1
SpallaaB_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-512,9	93,1	211,1	65,5	10,7	SpallaaB_04-1
SpallaaB_04	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2162,2	-94,4	-209,7	-64,1	-27,5	SpallaaB_04-1
SpallaaB_04	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-943,5	19,1	59,4	34,7	7,8	SpallaaB_04-1
SpallaaB_04	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2391,9	-61,3	-56,5	-31,2	-42,0	SpallaaB_04-1
SpallaaB_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1182,6	196,9	63,2	20,5	25,7	SpallaaB_05-1

*LOTTO C – Realizzazione delle opere marittime per la realizzazione della nuova strada
esterna per il collegamento delle aree assegnate secondo protocollo di intesa del
28/12/2018*

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	P	V2	V3	M2	M3	FrameElem
Text	m	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	Text
SpallaB_05	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1511,9	-197,6	-61,9	-19,0	-42,5	SpallaB_05-1
SpallaB_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-1185,1	60,7	208,7	65,5	9,2	SpallaB_05-1
SpallaB_05	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1509,5	-61,3	-207,4	-64,0	-26,1	SpallaB_05-1
SpallaB_05	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-1167,8	13,3	55,2	34,5	6,7	SpallaB_05-1
SpallaB_05	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2190,4	-65,7	-52,4	-30,9	-42,7	SpallaB_05-1
SpallaB_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-1047,7	198,3	65,4	20,9	26,7	SpallaB_06-1
SpallaB_06	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1666,3	-198,5	-64,2	-18,9	-43,3	SpallaB_06-1
SpallaB_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-533,4	94,3	210,9	66,0	10,7	SpallaB_06-1
SpallaB_06	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-2180,6	-94,5	-209,7	-63,9	-27,3	SpallaB_06-1
SpallaB_06	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-976,6	19,3	59,2	35,1	7,9	SpallaB_06-1
SpallaB_06	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-2453,3	-81,6	-56,6	-31,0	-46,1	SpallaB_06-1
SpallaB_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-777,6	176,0	48,2	52,3	86,2	SpallaB_07-1
SpallaB_07	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1205,2	-168,0	-41,5	-61,7	-118,2	SpallaB_07-1
SpallaB_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-443,7	89,1	132,2	146,9	34,7	SpallaB_07-1
SpallaB_07	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1539,1	-81,2	-125,5	-156,3	-66,6	SpallaB_07-1
SpallaB_07	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-654,6	24,6	62,4	86,8	8,8	SpallaB_07-1
SpallaB_07	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1864,2	-51,7	-46,3	-78,9	-70,7	SpallaB_07-1
SpallaB_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-674,9	114,5	34,8	45,5	200,0	SpallaB_08-1
SpallaB_08	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-998,9	-108,5	-34,7	-43,3	-227,0	SpallaB_08-1
SpallaB_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-701,1	38,5	115,5	148,4	54,0	SpallaB_08-1
SpallaB_08	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-972,7	-32,4	-115,4	-146,2	-81,0	SpallaB_08-1
SpallaB_08	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-512,5	18,7	42,8	70,7	12,7	SpallaB_08-1
SpallaB_08	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1770,2	-41,0	-31,4	-50,9	-100,0	SpallaB_08-1
SpallaB_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-793,1	177,2	41,9	63,0	86,2	SpallaB_09-1
SpallaB_09	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1217,7	-167,8	-47,8	-50,3	-118,4	SpallaB_09-1
SpallaB_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-457,9	90,2	125,8	157,7	34,6	SpallaB_09-1
SpallaB_09	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1552,9	-80,8	-131,8	-145,0	-66,8	SpallaB_09-1
SpallaB_09	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-725,9	25,6	56,5	97,3	9,7	SpallaB_09-1
SpallaB_09	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1927,7	-70,3	-48,4	-70,9	-81,5	SpallaB_09-1
SpallaB_10	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-248,2	176,1	54,8	56,0	104,9	SpallaB_10-1
SpallaB_10	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1096,7	-168,4	-46,7	-70,2	-136,6	SpallaB_10-1
SpallaB_10	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-218,9	91,6	144,8	147,7	48,8	SpallaB_10-1
SpallaB_10	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1126,0	-84,0	-136,6	-162,0	-80,5	SpallaB_10-1
SpallaB_10	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-177,8	40,2	78,2	117,3	62,3	SpallaB_10-1
SpallaB_10	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1812,8	-75,3	-51,7	-95,2	-103,9	SpallaB_10-1
SpallaB_11	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-286,7	116,7	38,4	40,5	223,4	SpallaB_11-1
SpallaB_11	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-831,3	-113,1	-38,6	-39,7	-246,2	SpallaB_11-1
SpallaB_11	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-446,3	41,5	128,0	133,7	73,2	SpallaB_11-1
SpallaB_11	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-671,6	-38,0	-128,2	-132,9	-96,0	SpallaB_11-1
SpallaB_11	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-342,0	33,2	51,9	76,5	86,8	SpallaB_11-1
SpallaB_11	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1546,7	-66,3	-29,0	-43,7	-150,5	SpallaB_11-1
SpallaB_12	0	#SLV_SISMAX	Combination	Max	-252,9	177,3	46,6	70,9	104,7	SpallaB_12-1
SpallaB_12	0	#SLV_SISMAX	Combination	Min	-1098,9	-168,2	-55,1	-55,0	-136,5	SpallaB_12-1
SpallaB_12	0	#SLV_SISMAY	Combination	Max	-218,5	92,7	136,6	162,5	48,8	SpallaB_12-1
SpallaB_12	0	#SLV_SISMAY	Combination	Min	-1133,3	-83,7	-145,1	-146,6	-80,6	SpallaB_12-1
SpallaB_12	0	@SLU_Stat	Combination	Max	-263,4	41,0	74,5	130,0	65,9	SpallaB_12-1
SpallaB_12	0	@SLU_Stat	Combination	Min	-1925,9	-94,8	-54,8	-91,8	-115,8	SpallaB_12-1