

Intervento:

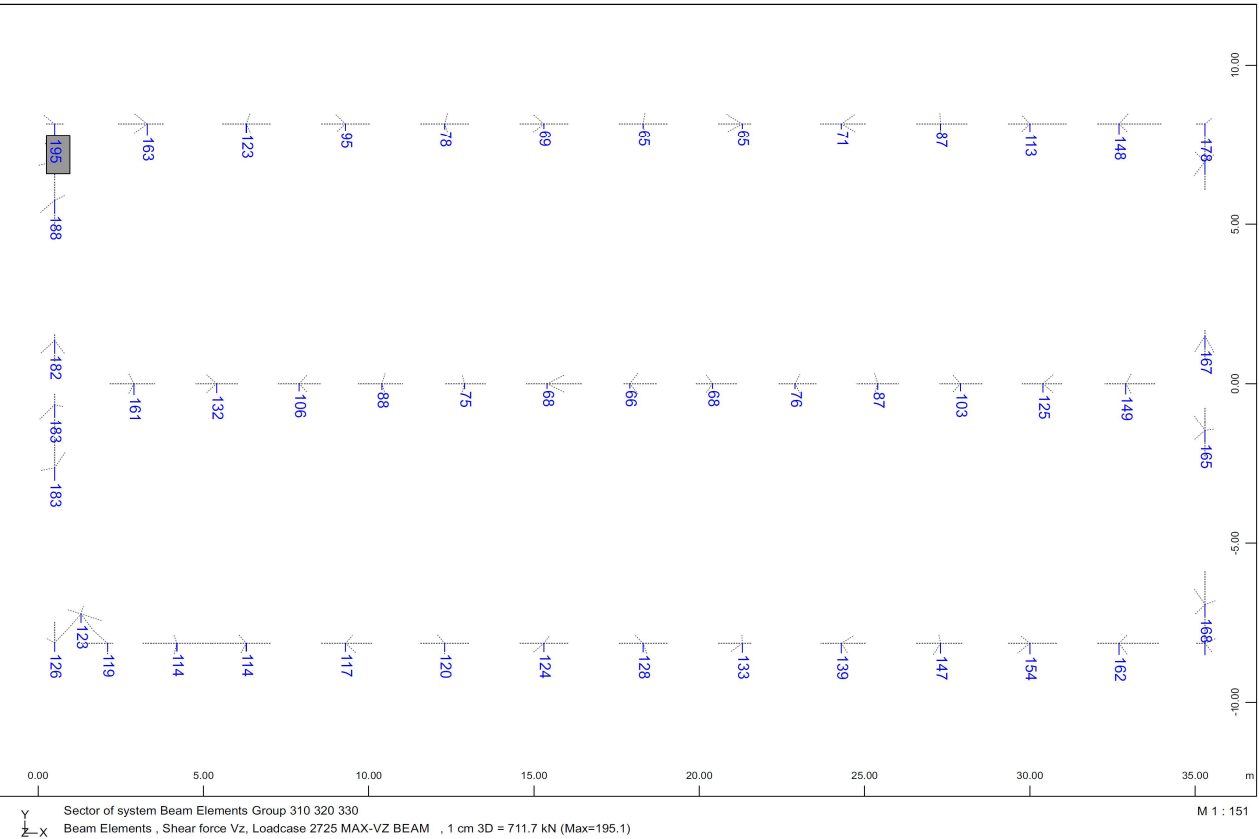
Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:

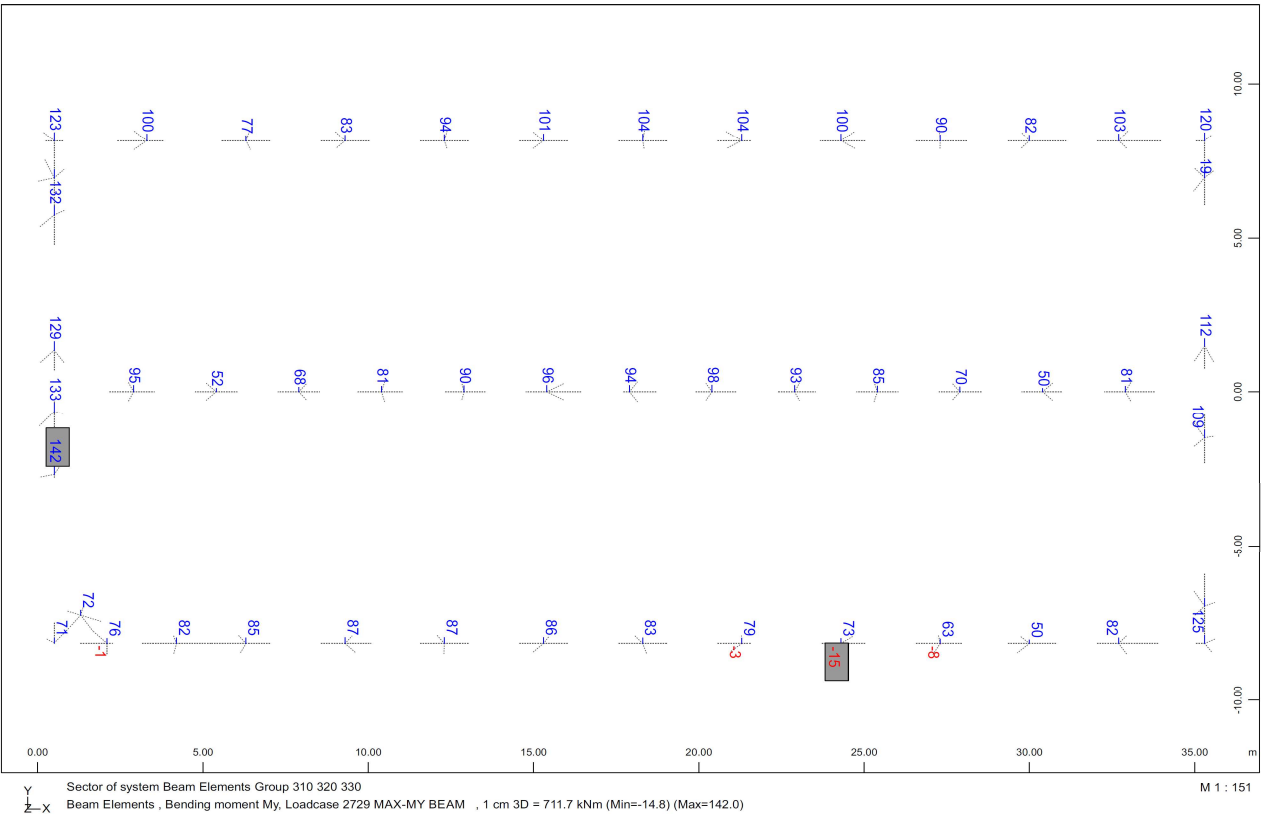
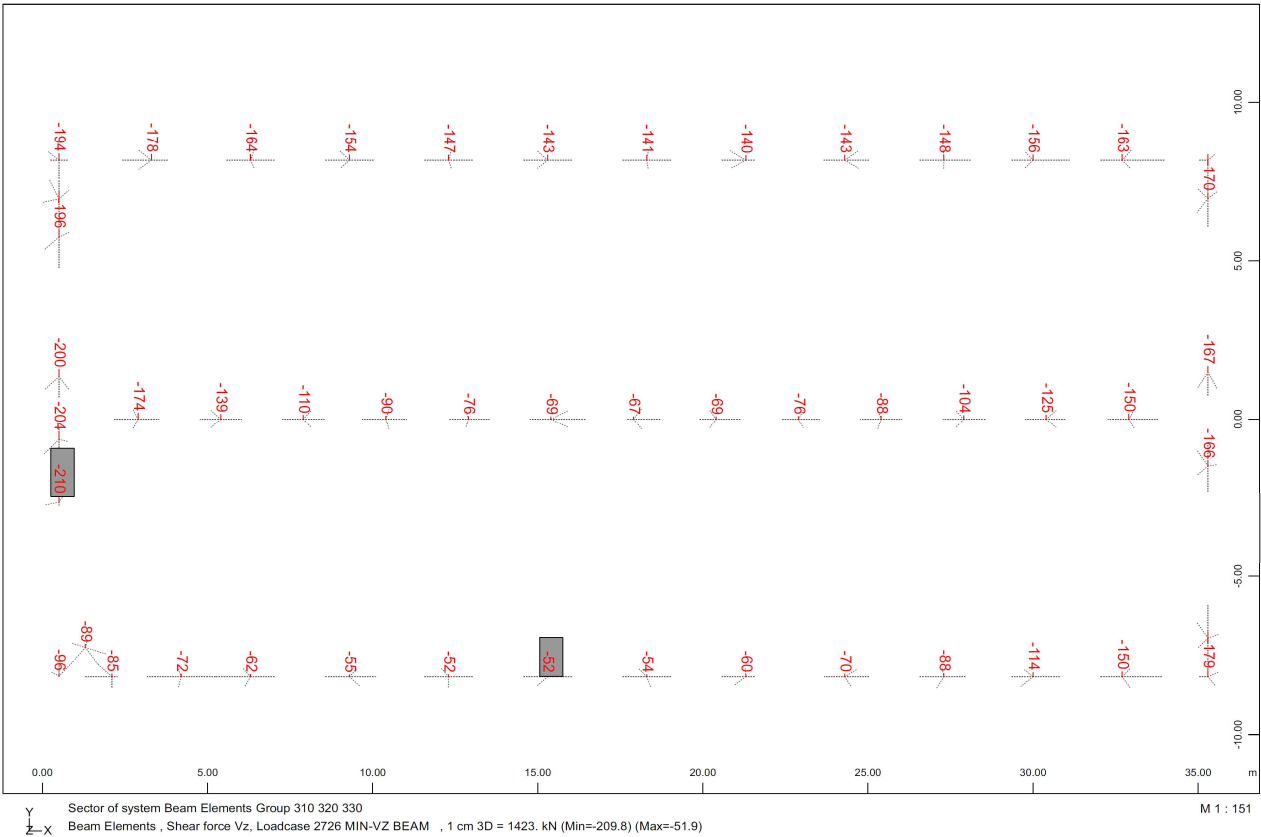
Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

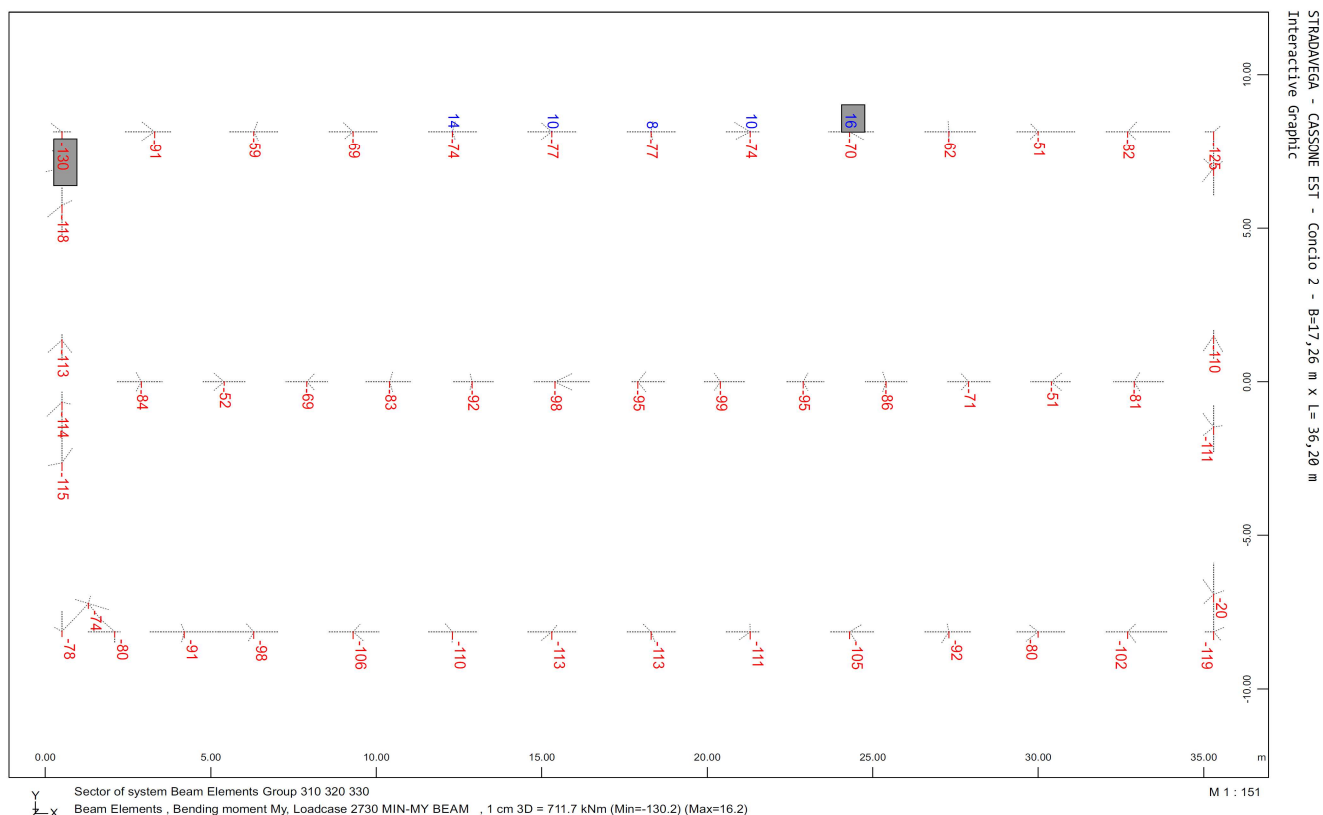
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni



6.3.2.3 Cassone Ovest

Si riportano nell'ordine le immagini relative a:

- Sforzo assiale N massimo (trazione)
- Sforzo assiale N minimo (compressione)
- Sforzo di taglio Vy trasversale massimo
- Sforzo di taglio Vy trasversale minimo
- Sforzo di taglio Mz trasversale massimo
- Sforzo di taglio Mz trasversale minimo
- Sforzo di taglio Vz longitudinale massimo
- Sforzo di taglio Vz longitudinale minimo
- Sforzo di taglio Mz longitudinale massimo
- Sforzo di taglio Mz longitudinale minimo

prima per le combinazioni SLU, a seguire per le combinazioni SLV.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

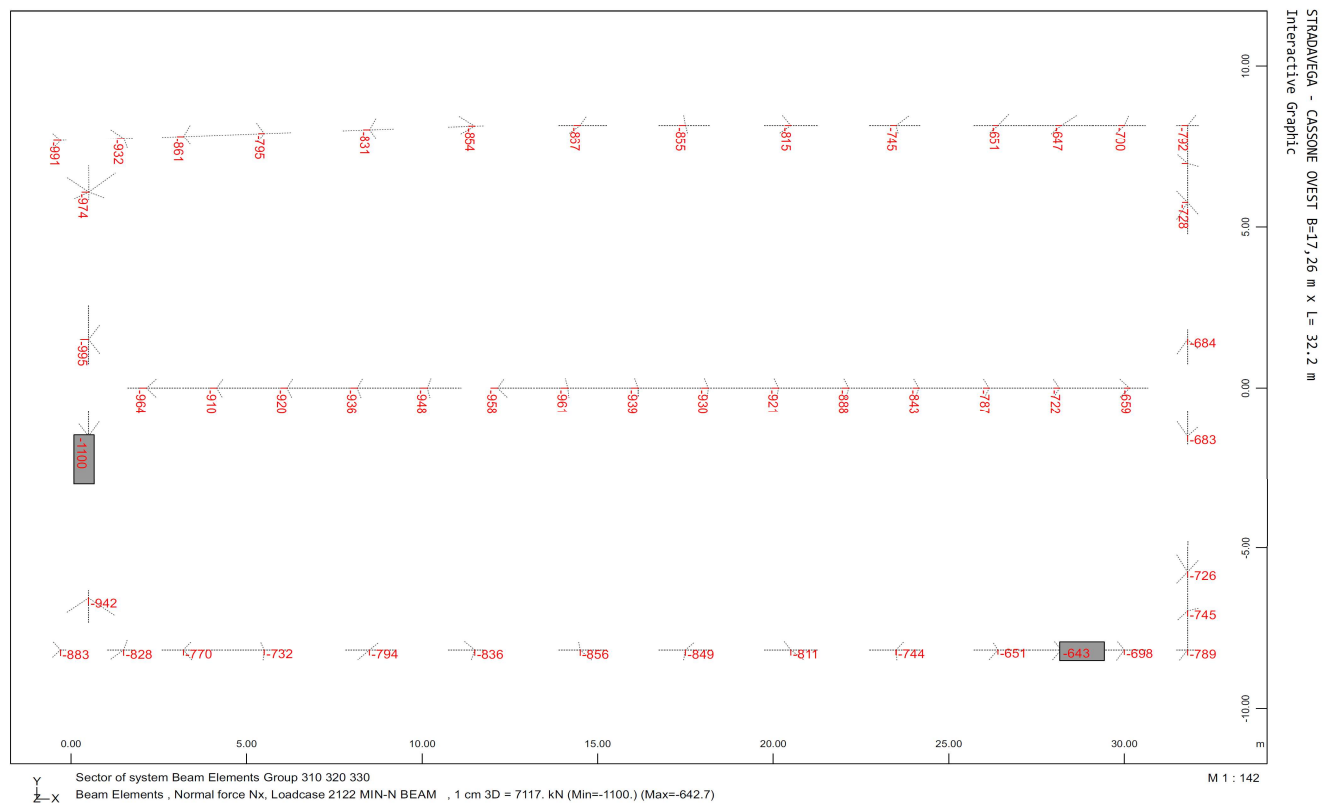
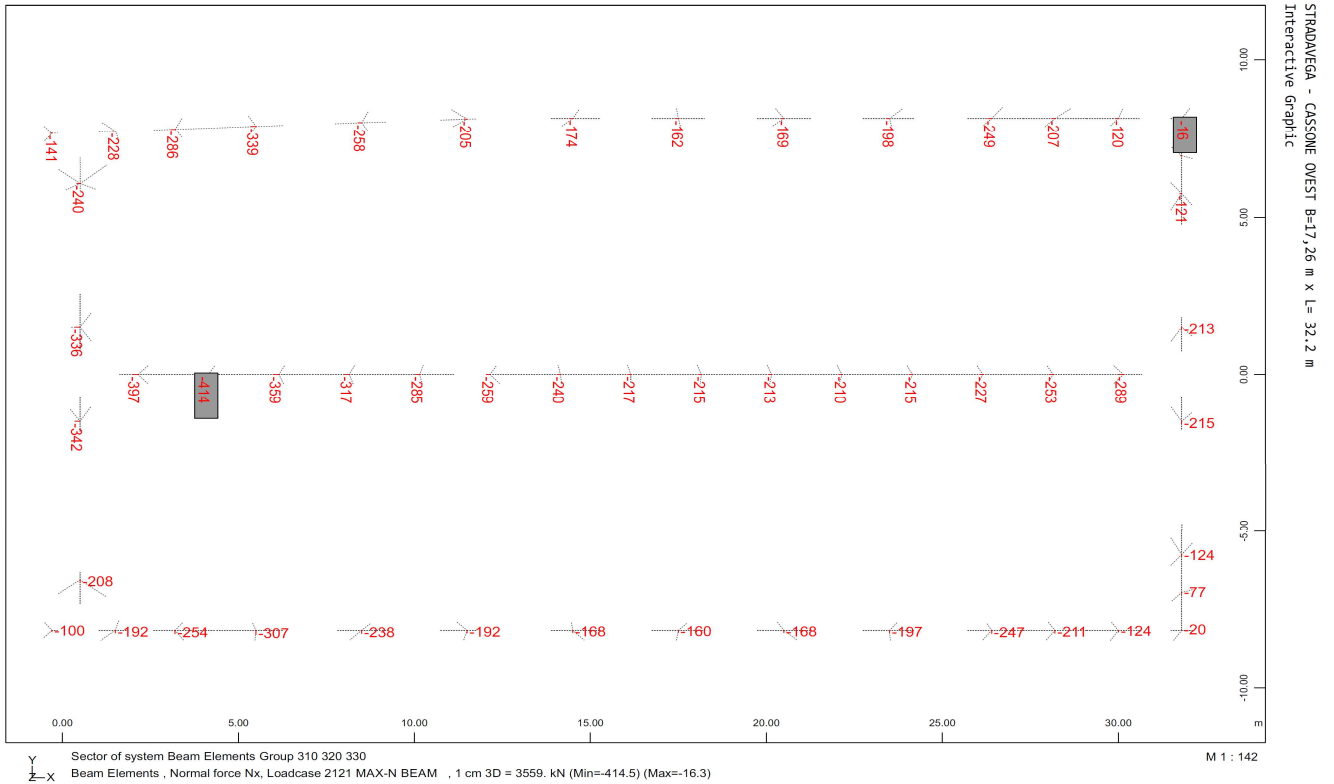
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

SLU:



Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

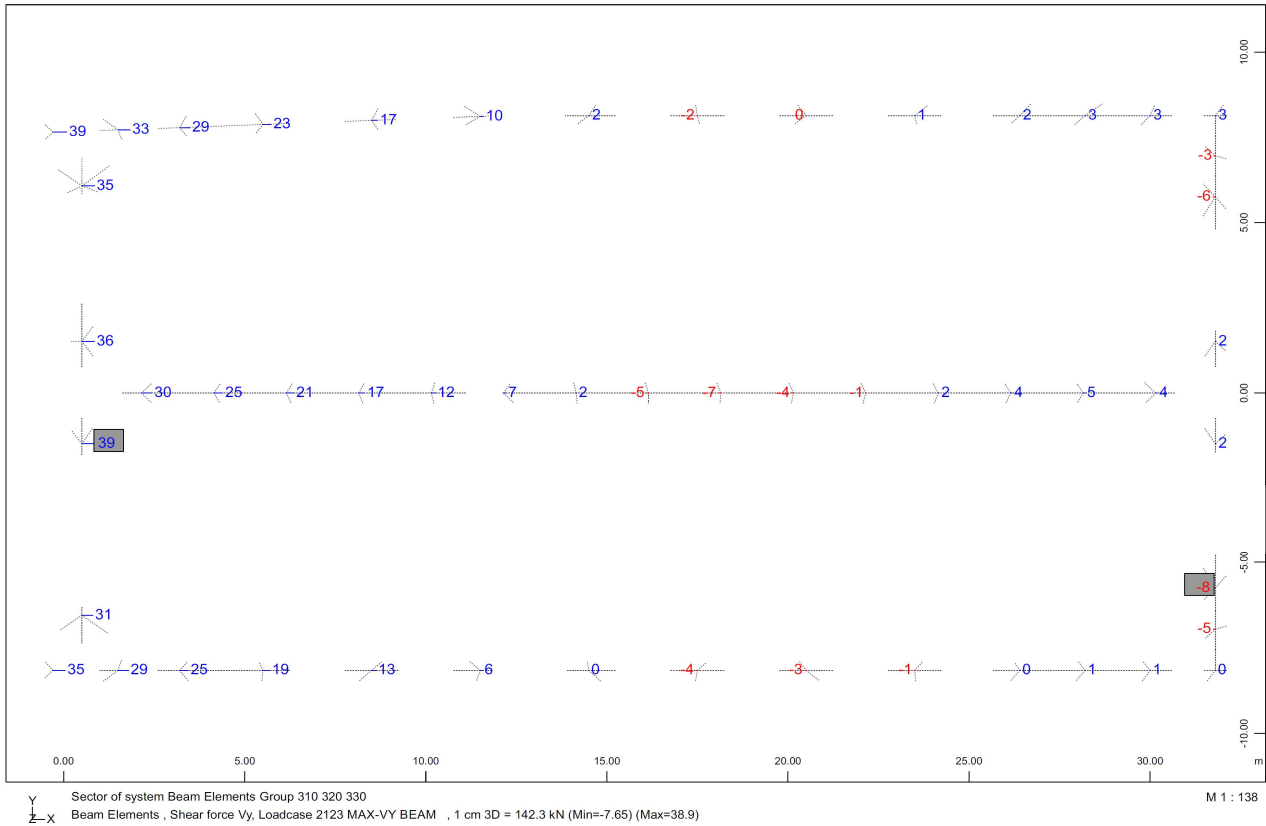
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

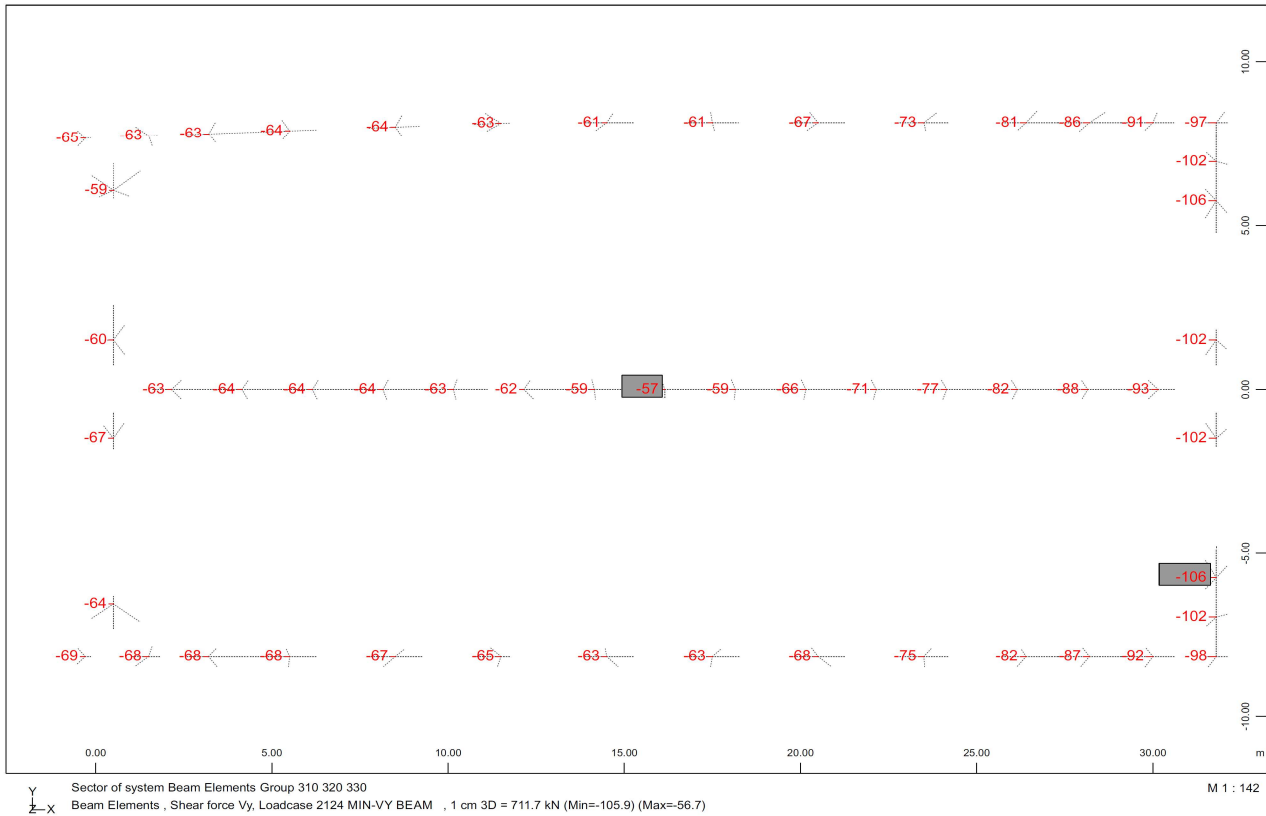
PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

STRADAVEGA - CASSONE OVEST B=17,26 m x L= 32,2 m
Interactive Graphic



STRADAVEGA - CASSONE OVEST B=17,26 m x L= 32,2 m
Interactive Graphic



Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

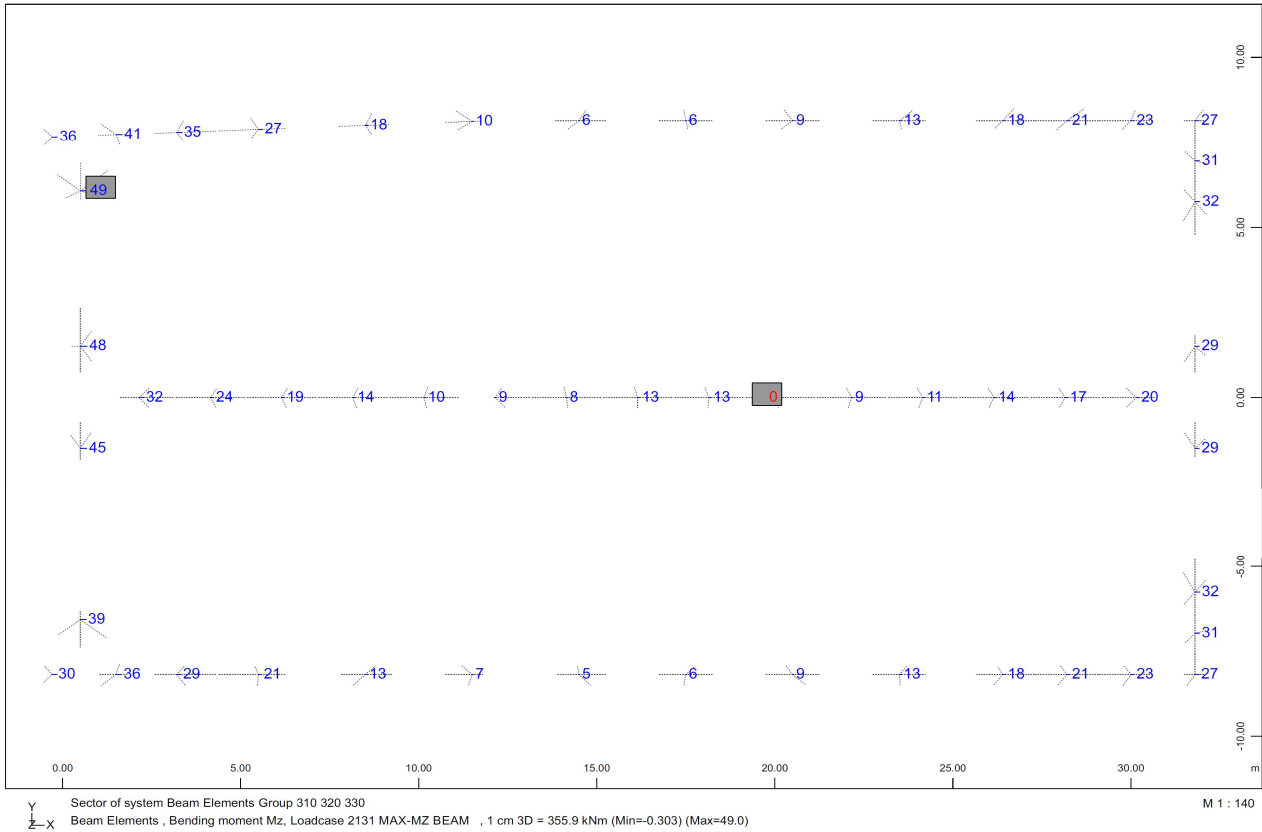
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

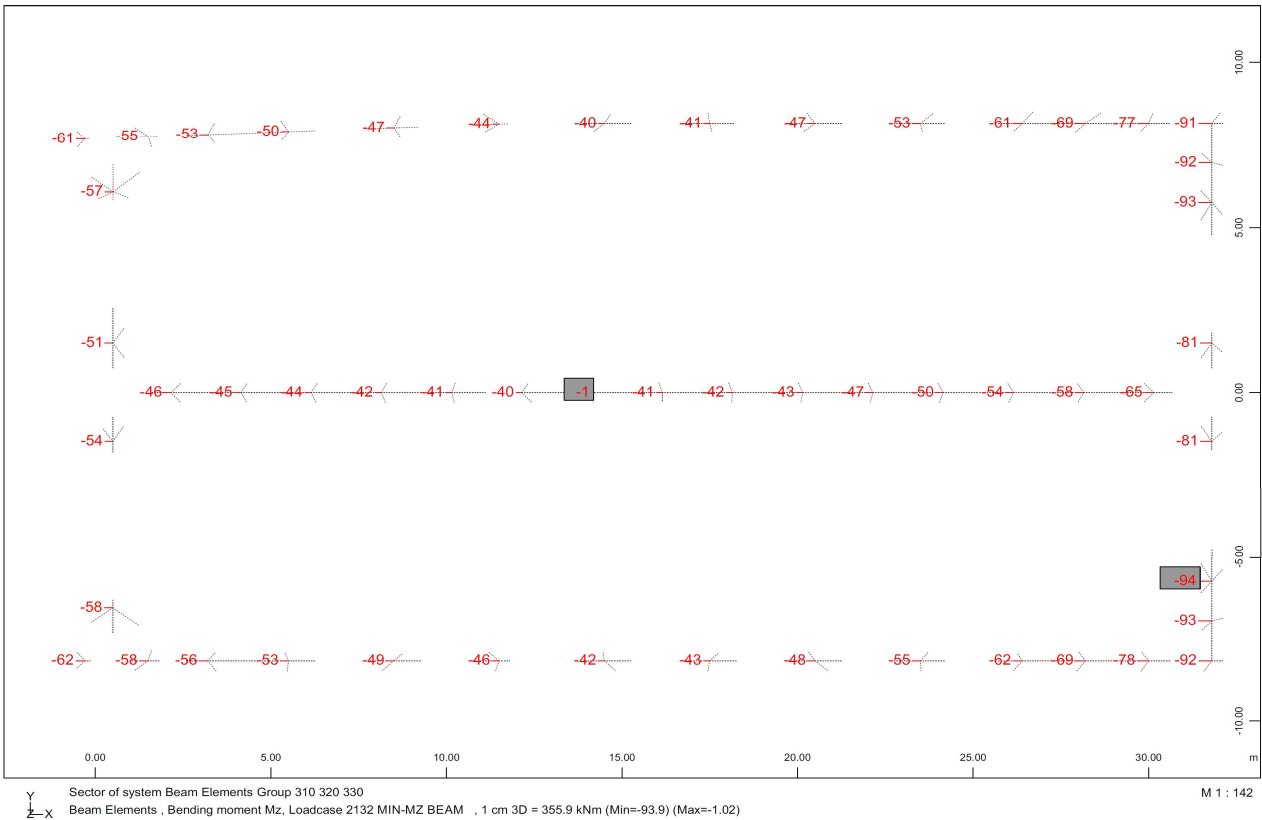
PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

STRADAVERGA - CASSONE OVEST B=17,26 m x L= 32,2 m
Interactive Graphic



STRADAVERGA - CASSONE OVEST B=17,26 m x L= 32,2 m
Interactive Graphic



Intervento:

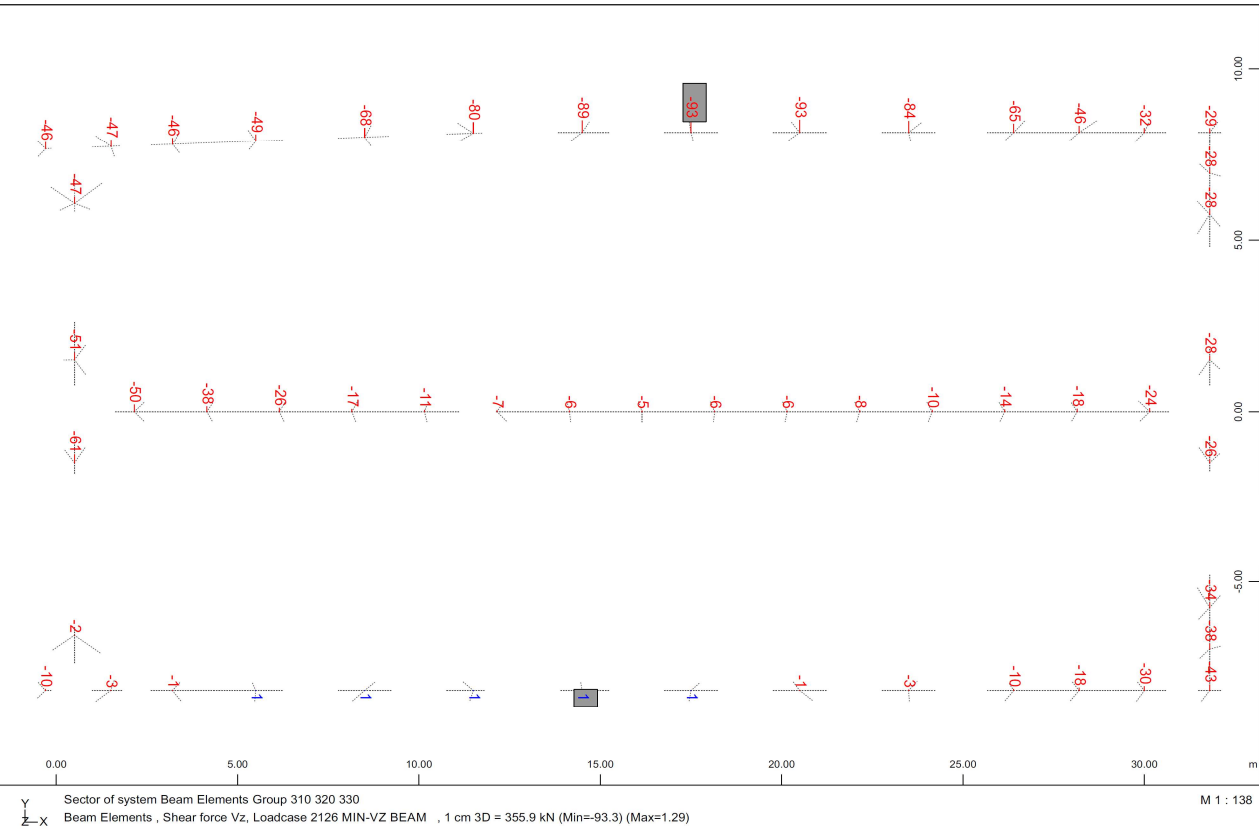
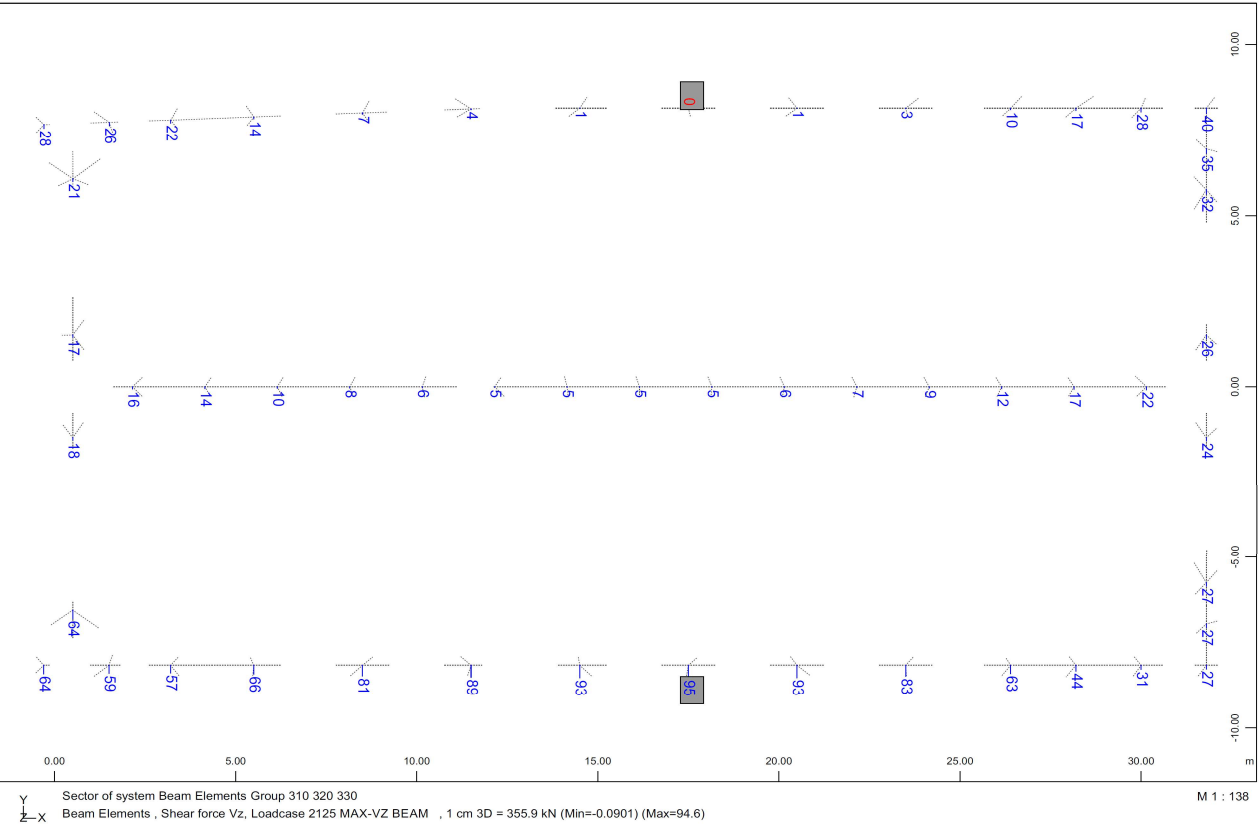
Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:

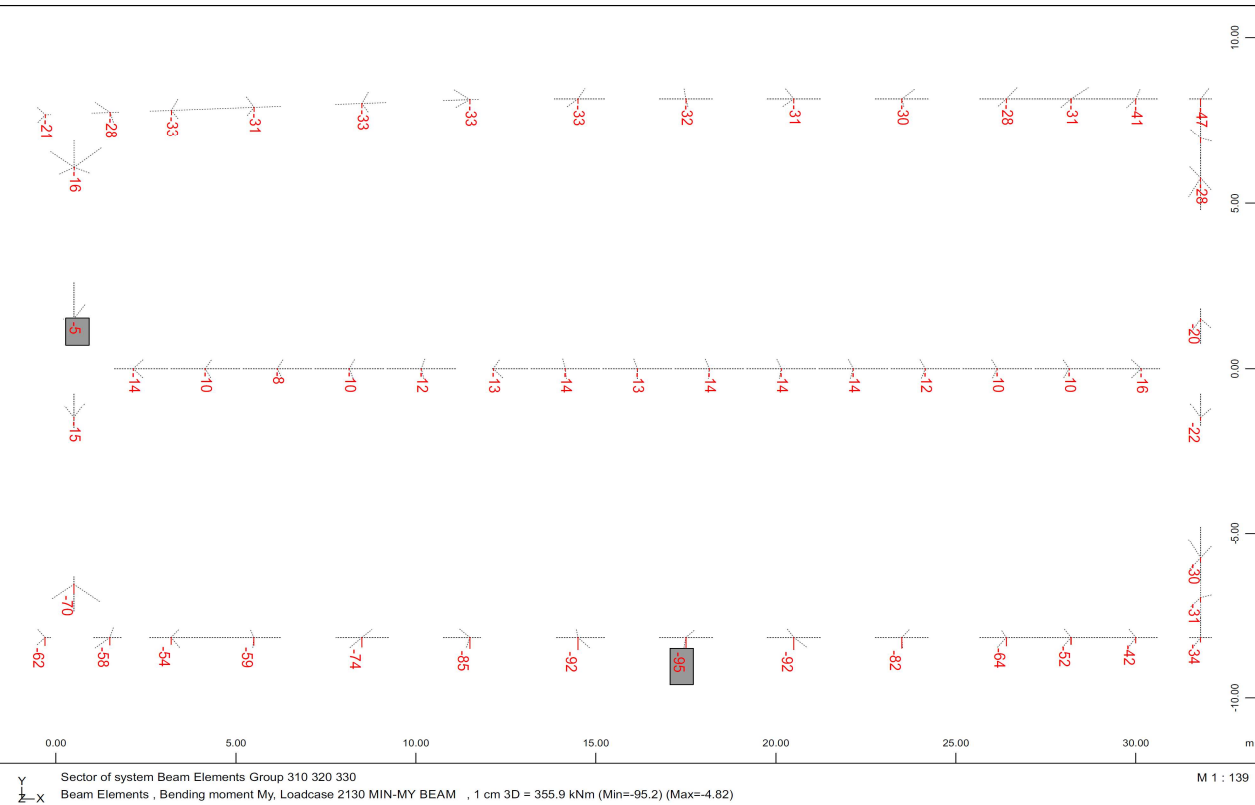
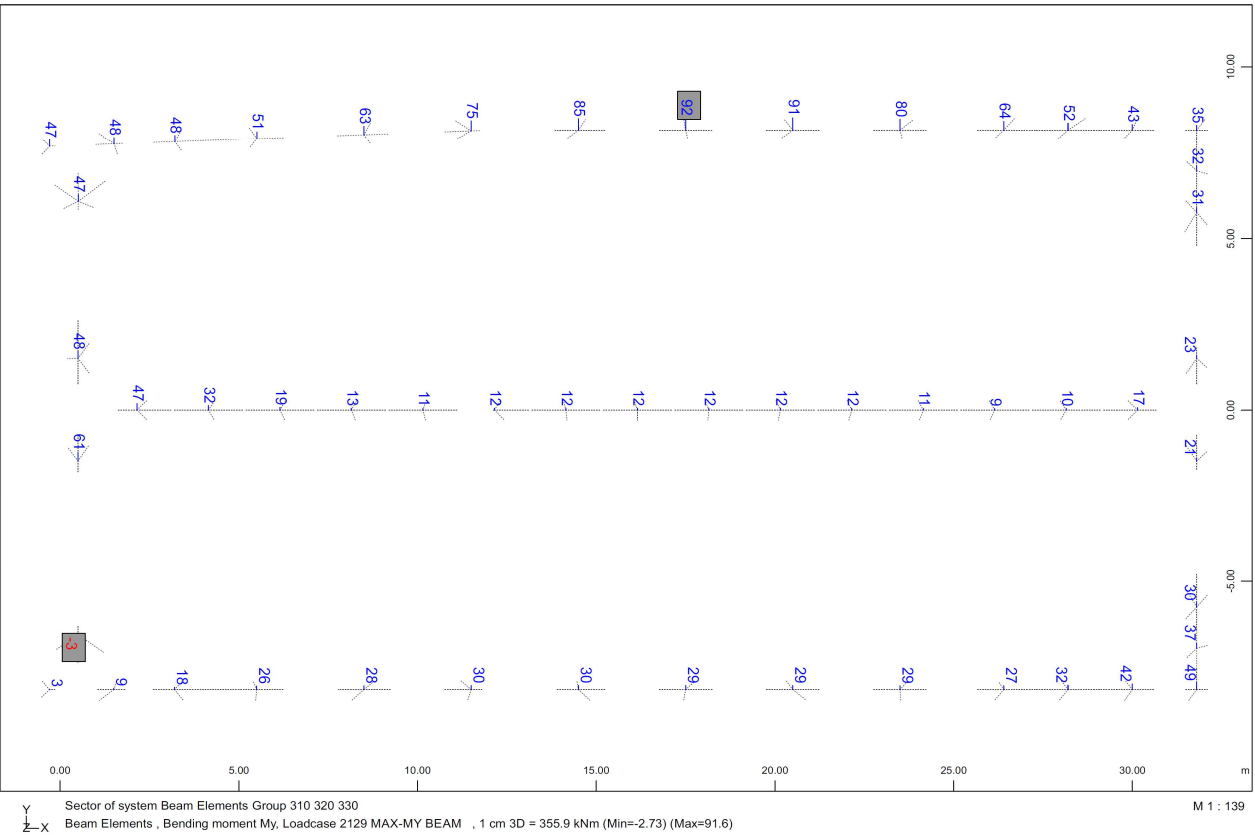
Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

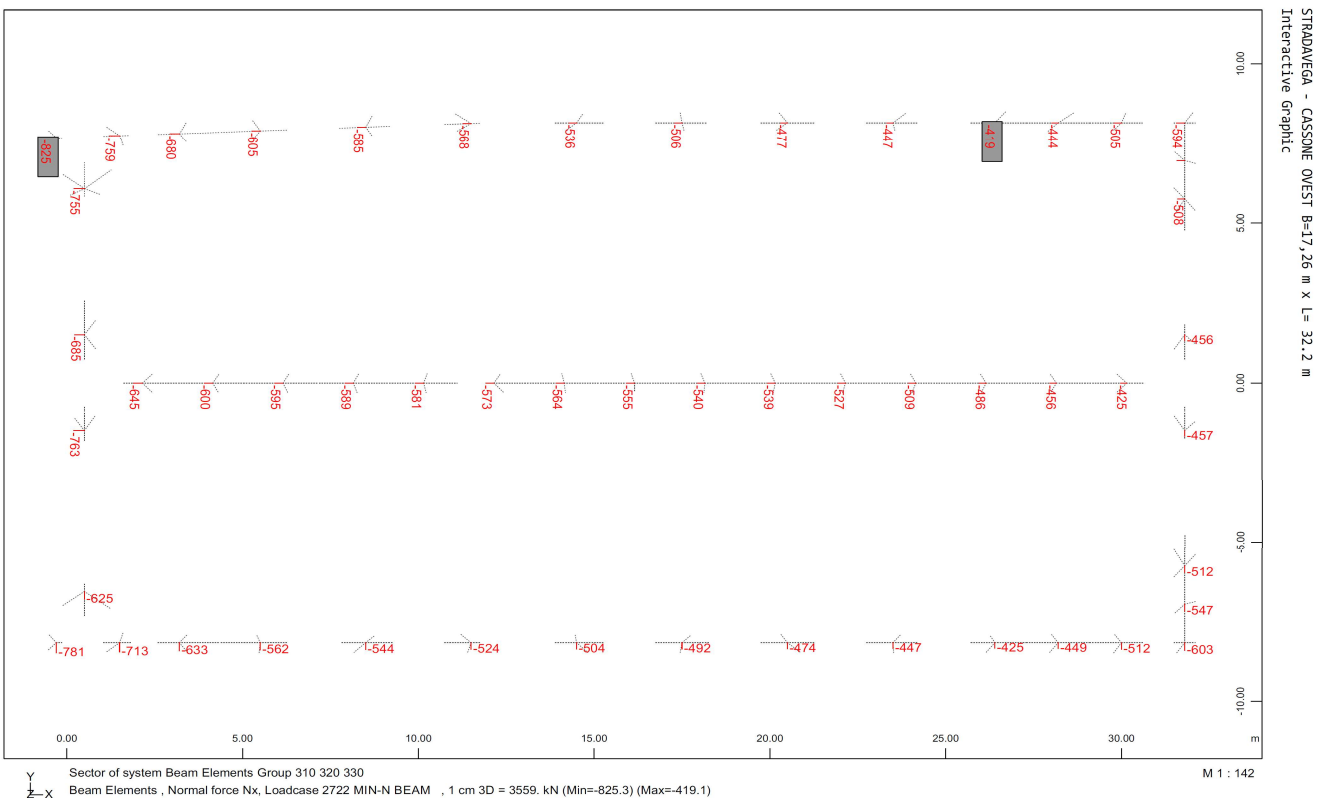
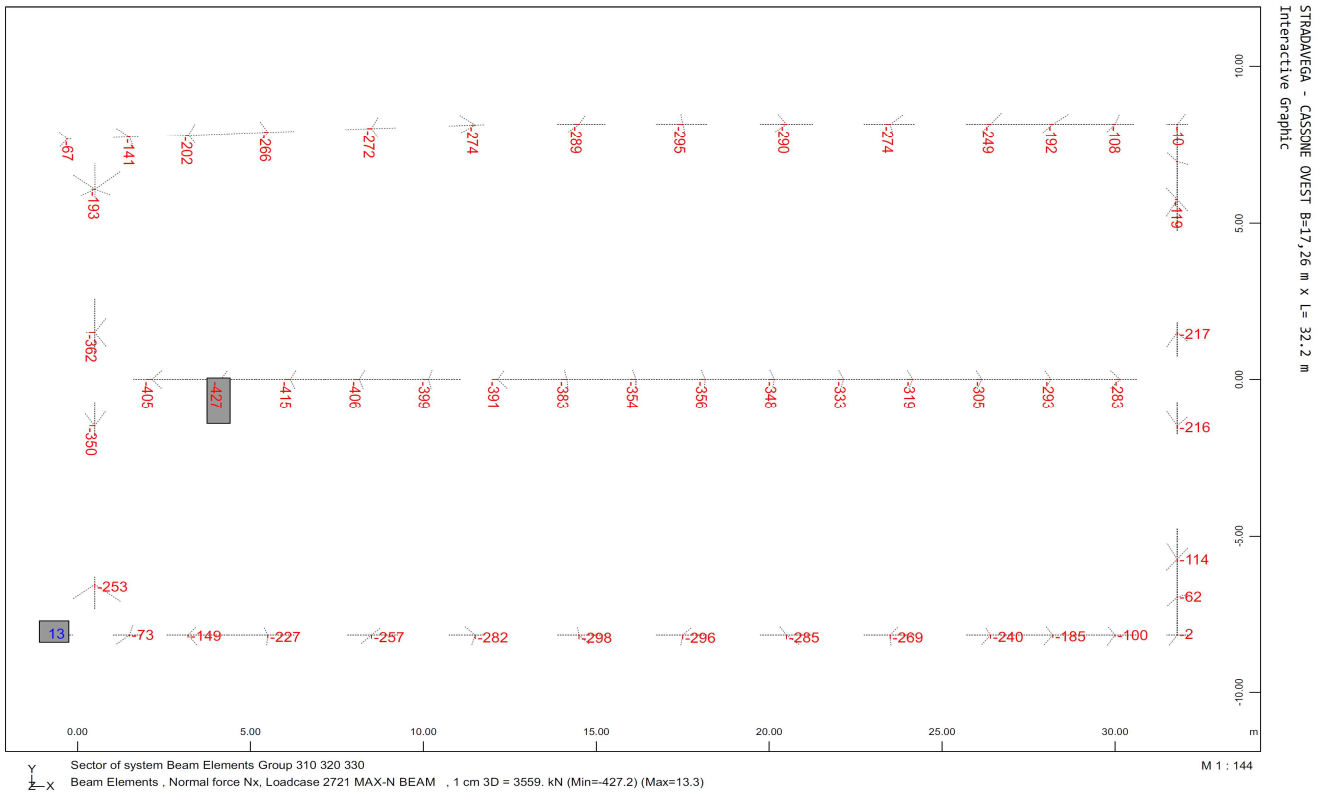
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

SLV:



Intervento:

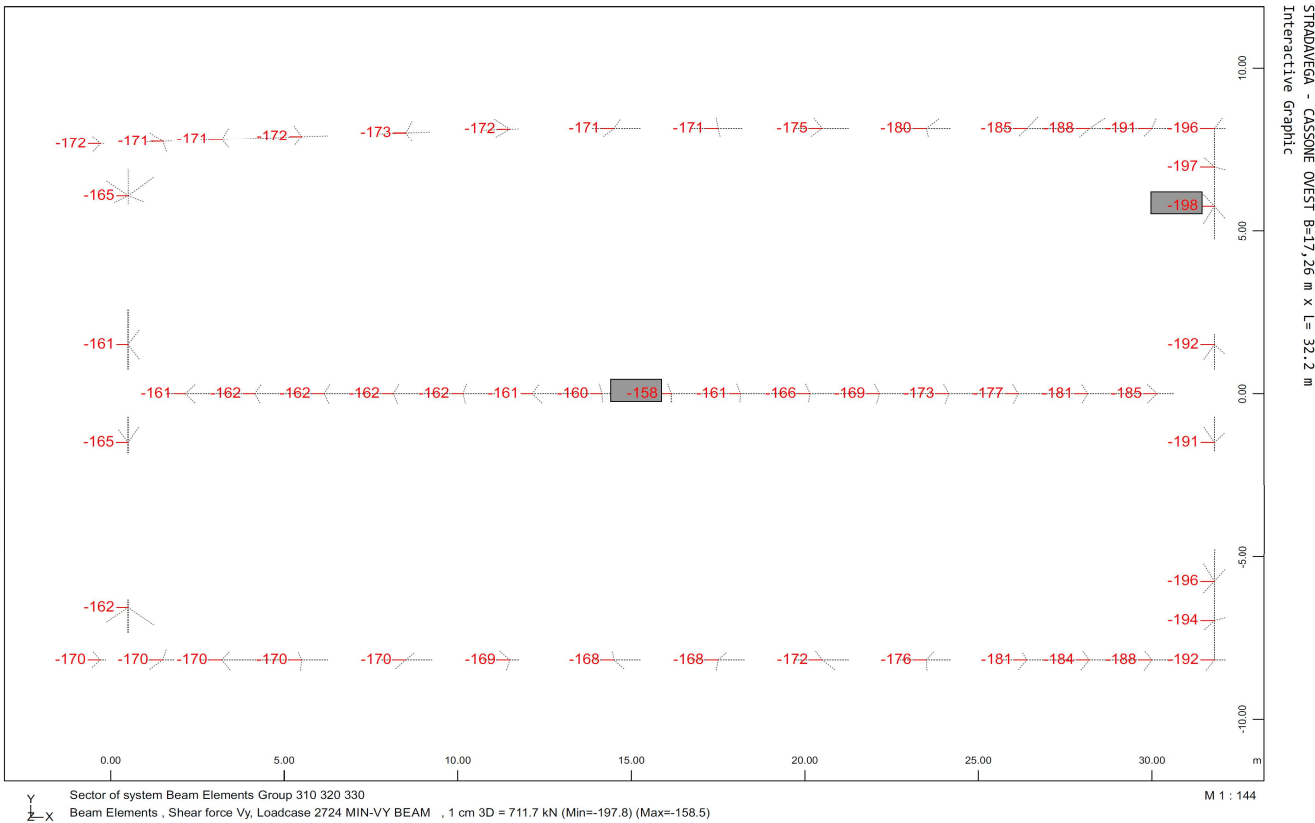
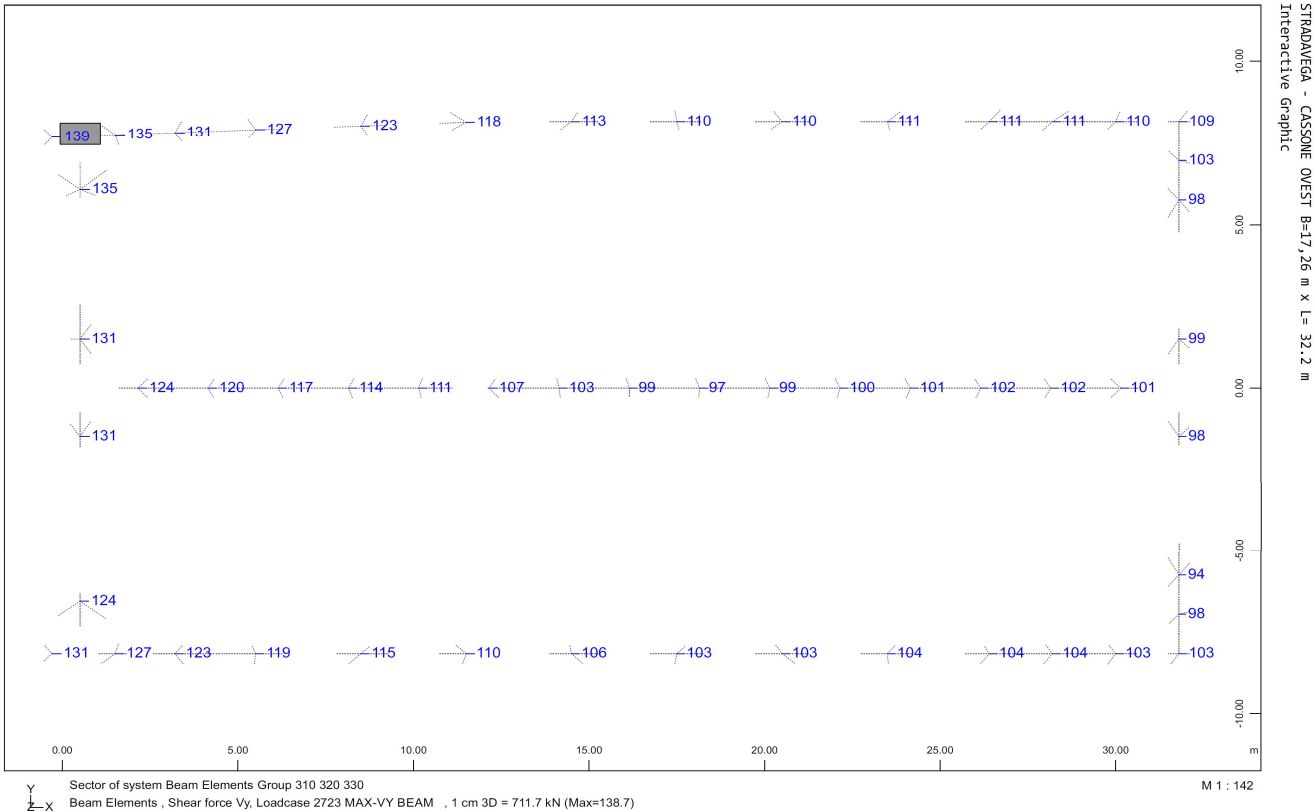
Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

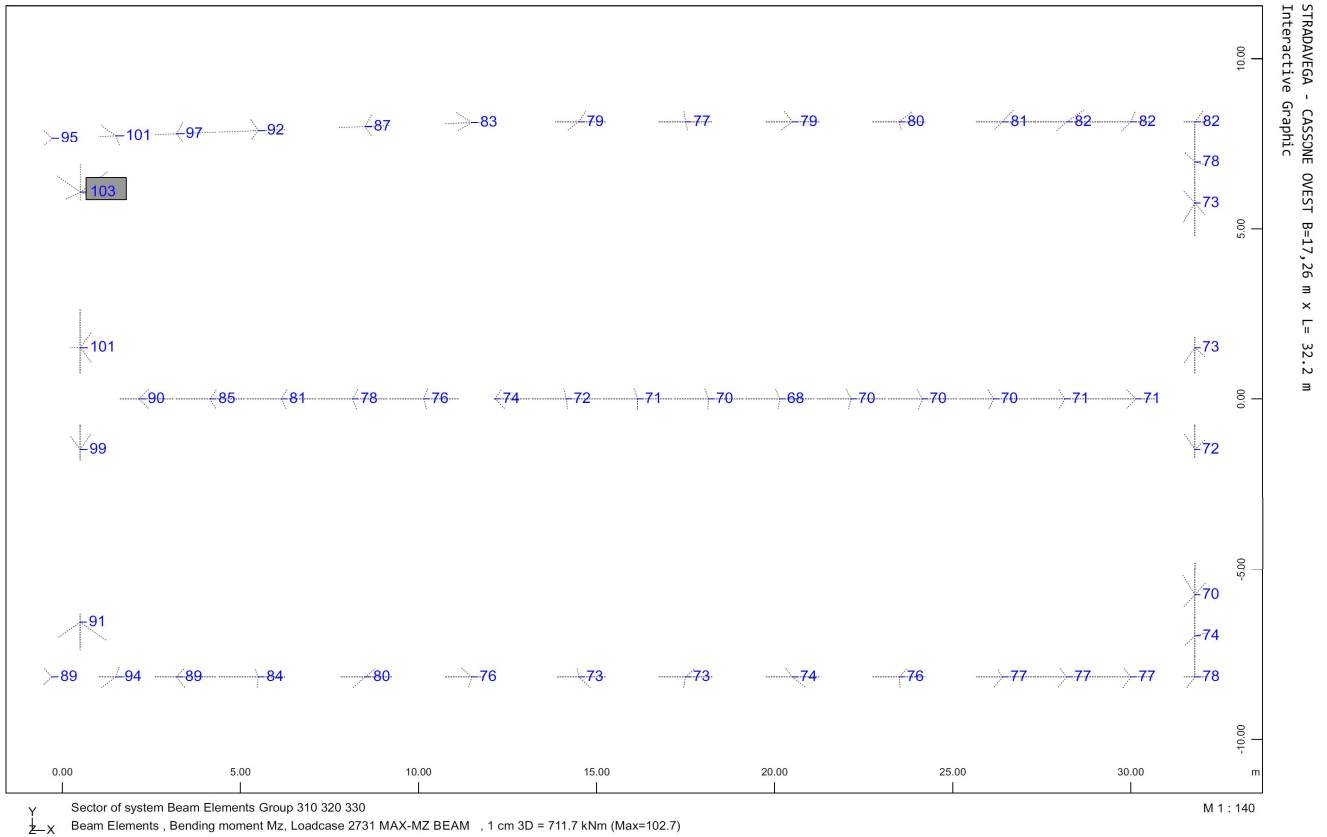
Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

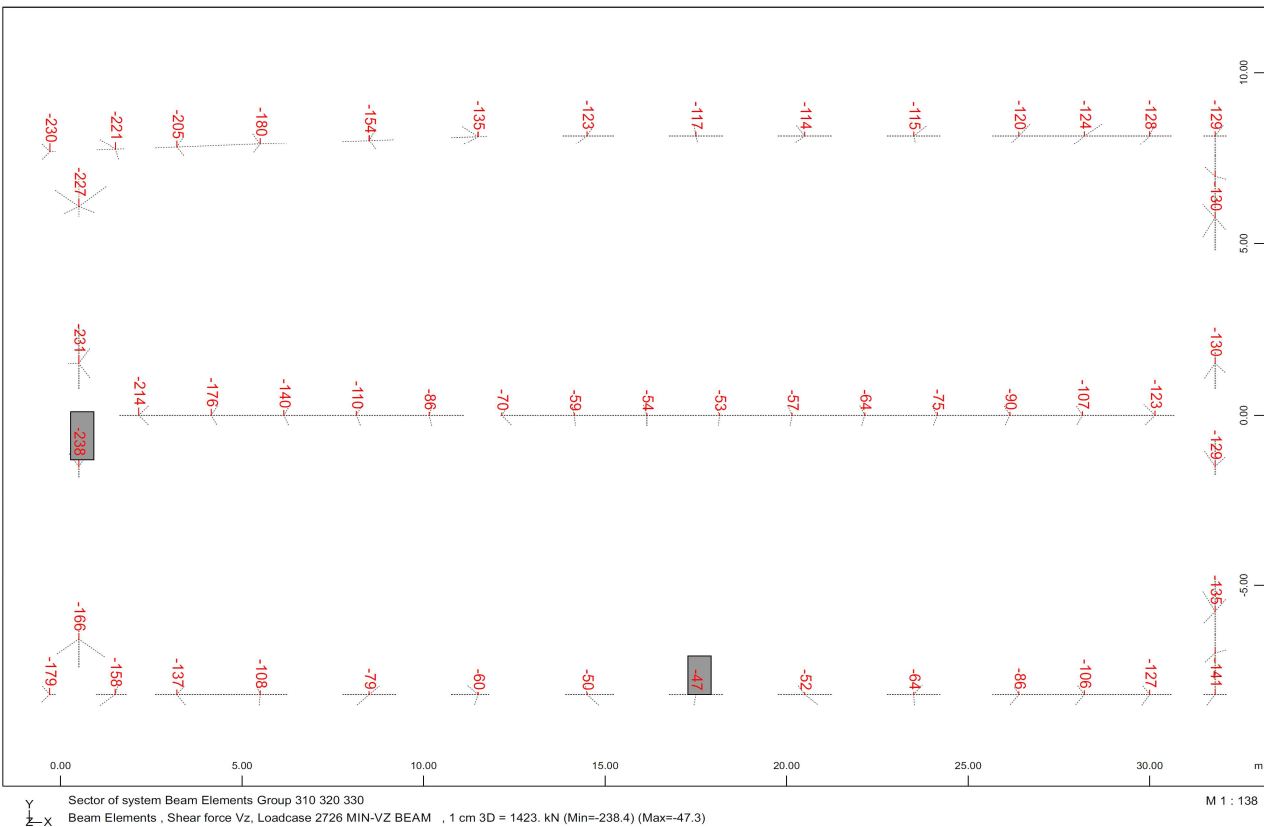
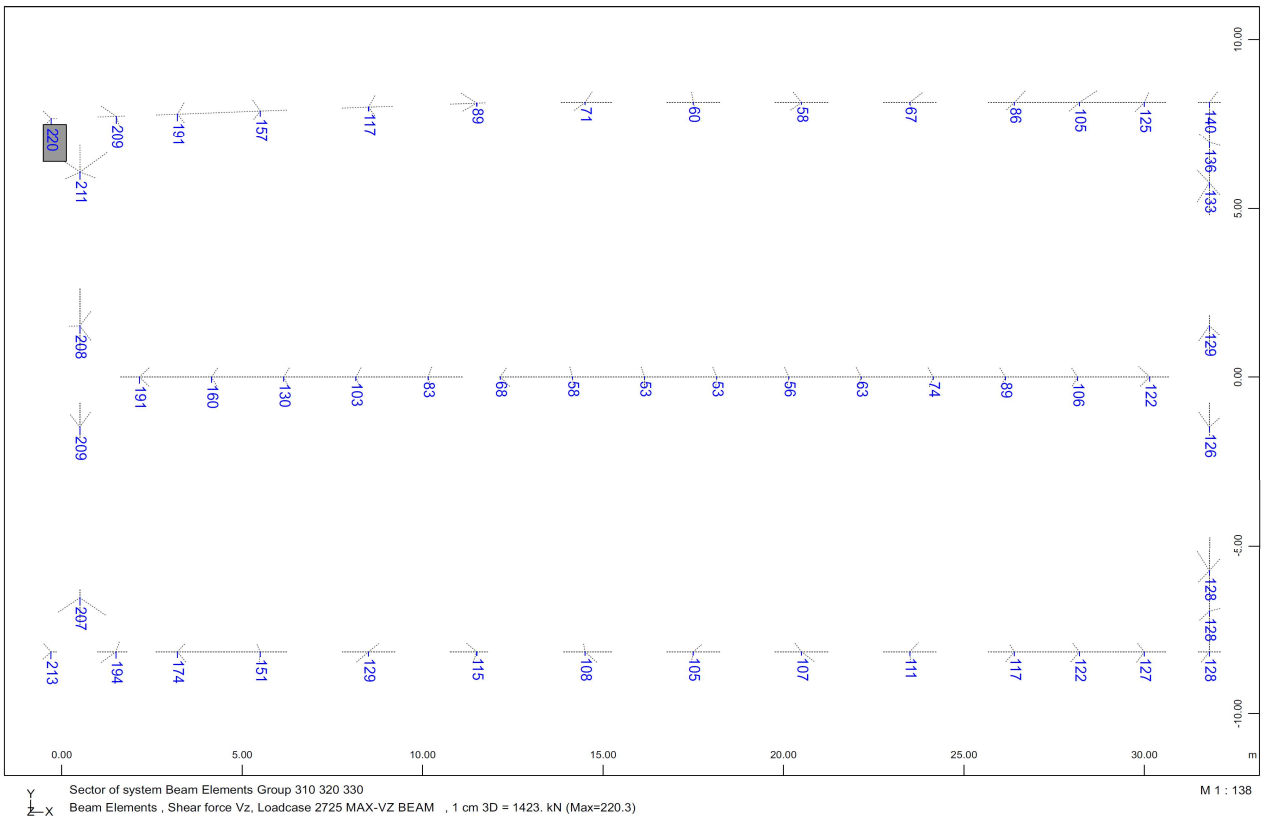
PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

STRADAVEGA - CASSONE OVEST B=17,26 m x L= 32,2 m
Interactive Graphic

STRADAVEGA - CASSONE OVEST B=17,26 m x L= 32,2 m
Interactive Graphic



Intervento:

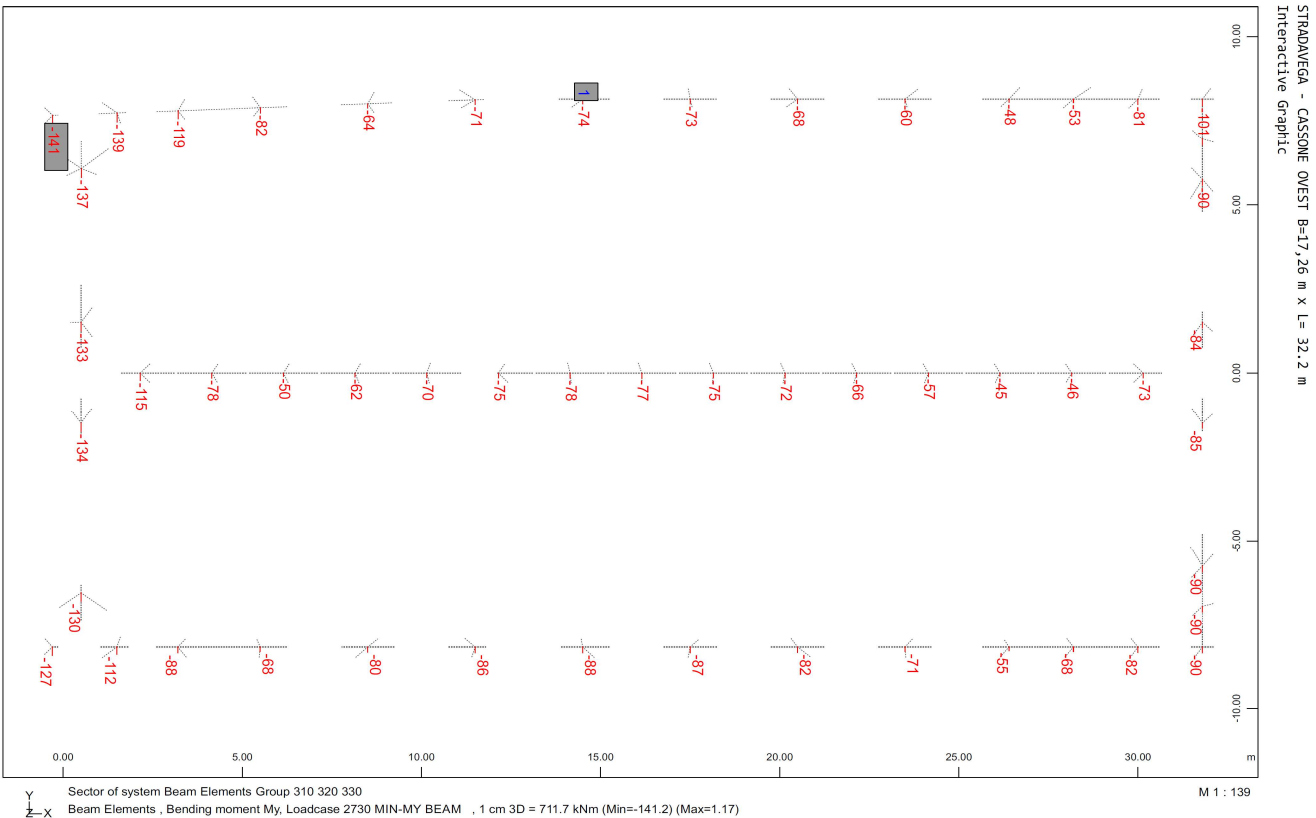
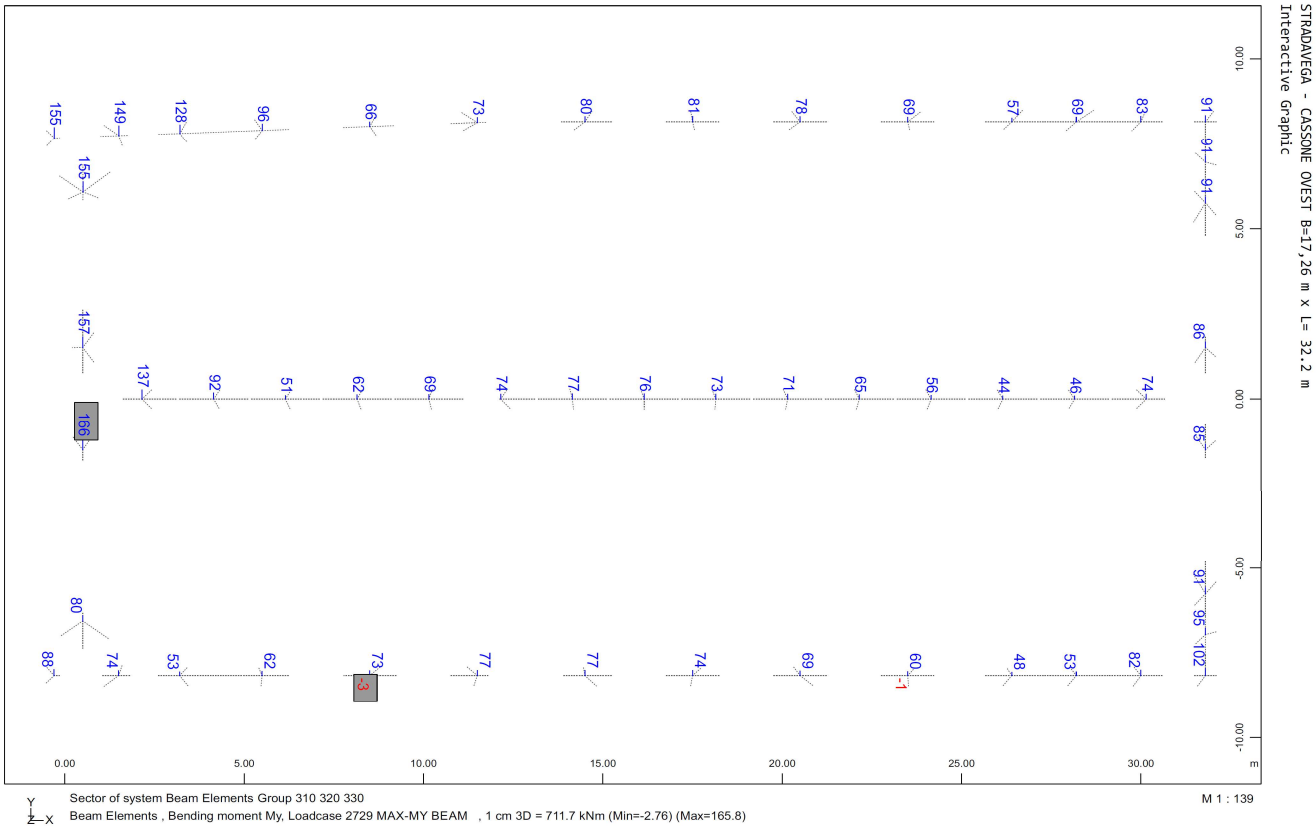
Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE
G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni



Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

6.3.3 Risultati delle modellazioni

Per quanto riguarda i pali del cassone **1 Est** si hanno le seguenti massime sollecitazioni assiali:

SLU:

$N_{max,c} = 1053$ kN a compressione

$N_{max,t} = -136$ kN a trazione

SLV:

$N_{max,c} = 865$ kN a compressione

$N_{max,t} = -199$ kN a trazione

Per quanto riguarda i pali del cassone **2 Est** si hanno le seguenti massime sollecitazioni assiali:

SLU:

$N_{max,c} = 1123$ kN a compressione

$N_{max,t} = -0$ kN a trazione

SLV:

$N_{max,c} = 783$ kN a compressione

$N_{max,t} = -57$ kN a trazione

Per quanto riguarda i pali del cassone **Ovest** si hanno le seguenti massime sollecitazioni assiali:

SLU:

$N_{max,c} = 1100$ kN a compressione

$N_{max,t} = \backslash$ kN a trazione

SLV:

$N_{max,c} = 825$ kN a compressione

$N_{max,t} = -13$ kN a trazione

Per quanto riguarda i pali del cassone **1 Est** si hanno le seguenti massime sollecitazioni a taglio e flessione:

$T_{z\ max} = 223$ kN associato a $T_{y\ max} = 169$ kN

I corrispondenti valori della flessione:

$M_{y,max} = 145$ kNm associato a $M_{z,max} = 100$ kNm

Eseguendo le somme vettoriali si hanno i seguenti valori di taglio e flessione in testa palo:

$T = 280$ kN $M = 176$ kNm

Per quanto riguarda i pali del cassone **2 Est** si hanno le seguenti massime sollecitazioni a taglio e flessione:

$T_{z\ max} = 210$ kN associato a $T_{y\ max} = 148$ kN

I corrispondenti valori della flessione:

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

$M_{y,max} = 142 \text{ kNm}$ associato a $M_{z,max} = 97 \text{ kNm}$

Eseguendo le somme vettoriali si hanno i seguenti valori di taglio e flessione in testa palo:

$T = 257 \text{ kN}$ $m = 172 \text{ kNm}$

Per quanto riguarda i pali del cassone **Ovest** si hanno le seguenti massime sollecitazioni a taglio e flessione:

$T_{z,max} = 238 \text{ kN}$ associato a $T_{y,max} = 165 \text{ kN}$

I corrispondenti valori della flessione:

$M_{y,max} = 166 \text{ kNm}$ associato a $M_{z,max} = 114 \text{ kNm}$

Eseguendo le somme vettoriali si hanno i seguenti valori di taglio e flessione in testa palo:

$T = 290 \text{ kN}$ $m = 201 \text{ kNm}$

Si riporta l'andamento delle flessioni sul palo per il palo da 17 metri, considerando il corrispondente taglio in testa e l'incremento di flessione per la rotazione impedita, secondo la teoria di Matlock e Reese implementata dal software Lpile. Si considera per tutti i cassoni, le sollecitazioni relative al cassone Ovest, in quanto in valore assoluto maggiori. Si ricorda comunque che trattandosi di involucri massimi e minimi si sta ragionando a favore di sicurezza, associando al singolo palo le massime sollecitazioni di flessione e taglio nelle due direzioni anche se appartenenti (come presumibile) a combinazioni diverse.

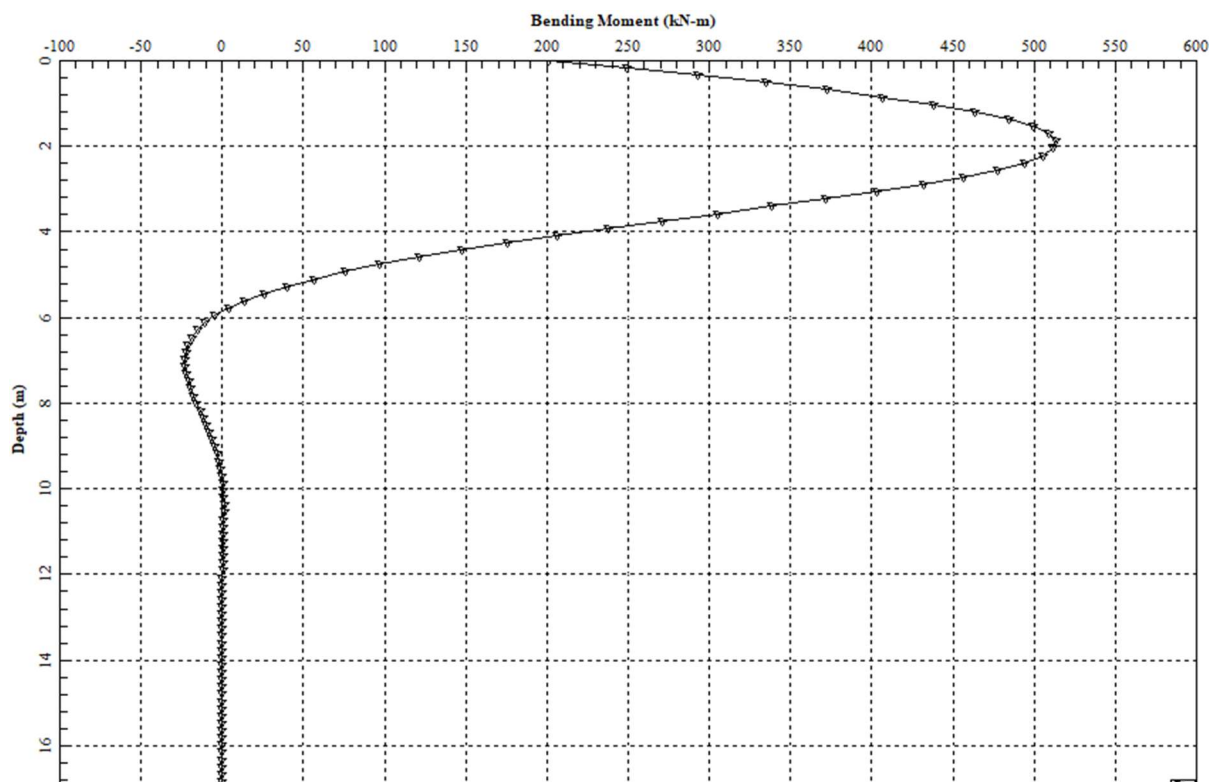


Figura 6.5. Sollecitazioni massime di flessione lungo il fusto per pali $L = 17\text{m}$ dei cassoni Est e Ovest

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

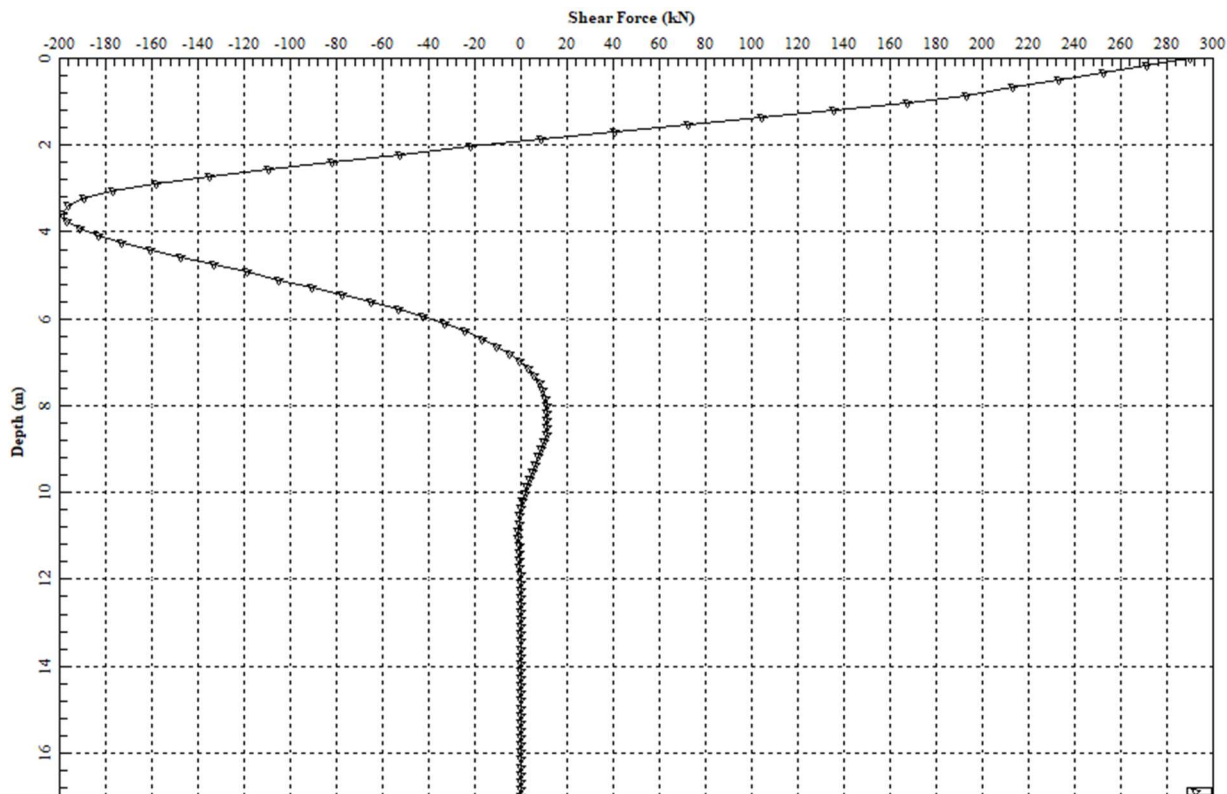


Figura 6.6. Sollecitazioni massime di taglio lungo il fusto per pali $L = 17\text{m}$ dei cassoni Est e Ovest

6.4 Verifiche geotecniche dei pali

6.4.1 Generalità

La capacità portante di un palo si distingue tra capacità portante laterale e capacità portante di punta. La capacità portante laterale unitaria si calcola attraverso la seguente:

$$q_l = \alpha Cu + k\sigma'_v \tan\varphi'$$

Dove:

- α coefficiente che dipende dal valore di Cu e calcolato secondo le indicazioni contenute nel Viggiani;
- Cu coesione non drenata, parametro rappresentativo dei terreni coesivi;
- k coefficiente tarato sulla base della prova di carico, esso dipende dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal grado di addensamento del terreno
- σ'_v tensione litostatica verticale efficace agente a metà dello strato agente;
- $\tan\varphi'$ tangente dell'angolo d'attrito, parametro rappresentativo dei terreni granulari.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

Per la stima della capacità portante di punta distinguo a seconda che la punta si trovi immersa in terreno granulare o coesivo. Nel caso di punta in terreno granulare si ha la seguente:

$$q_p = N_q \sigma'_v$$

Dove:

- N_q coefficiente che dipende dall'angolo d'attrito del terreno, si segue la teoria di Berezantzev per la stima, per pali infissi. Vista l'entità ridotta dello strato di sabbia in cui è inserita la punta del palo, si utilizza a favore di sicurezza un valore di N_q molto basso, pari a 15, al posto del valore nominale per tale angolo di attrito e profondità, pari a circa 35/40.
- σ'_v tensione litostatica verticale efficace che agisce sul piano orizzontale passante per la punta del palo.

Nel caso di punta in terreno coesivo si ha la seguente:

$$q_p = \sigma_v + N_c C_u$$

Dove:

- σ_v tensione litostatica verticale che agisce sul piano orizzontale passante per la punta del palo
- N_c viene assunto pari a 9.

A seguire i risultati ottenuti per le verticali considerate per i cassoni del viadotto (cfr. paragrafo 4.2):

6.4.2 Pali L = 17m – Cassoni Est

CPTU 7			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	3,8		0,62	2,8	4,86		6,87		0,5193	5,45	3,57	19,46
3,8	6		0,62	2,2	7,11	32,8		1,2		4,29	5,49	23,55
6	10,1		0,62	4,1	9,945	35,1		1,2		7,99	8,38	66,94
10,1	12,2		0,62	2,1	12,735		5,49		0,6711	4,09	3,68	15,07
12,2	18		0,62	5,8	16,29		8,56		0,5	11,30	4,28	48,35
PORTATA LATERALE (t) =												173,36
Profondità testa (m)					1							
Profondità punta (m)					18							
Area di base (mq)					0,30							
Lpalo (m)					17							
Nq					0							
Nc					9							
Cu, punta palo (t/mq)					8,56							
σ' v (t/mq)					18,90							
σ v (t/mq)					34,20							
PORTATA DI PUNTA (t)					33,58							

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

CPTU 8			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	2		0,62	1	2,85	34,6		1,2		1,95	2,36	4,59
2	3,5		0,62	1,5	5,175		5		0,725	2,92	3,63	10,59
3,5	6,4		0,62	2,9	7,155	32,8		1,2		5,65	5,53	31,24
6,4	9,9		0,62	3,5	10,035	34,6		1,2		6,82	8,30	56,60
9,9	12,2		0,62	2,3	12,645		3		0,945	4,48	2,84	12,70
12,2	14,4		0,62	2,2	14,67	28,1		1,2		4,29	9,39	40,25
14,4	18		0,62	3,6	17,28		6,59		0,5501	7,01	3,63	25,42

PORTATA LATERALE (t) = 181,39

Profondità testa (m)	1
Profondità punta (m)	18
Area di base (mq)	0,30
Lpalo (m)	17
Nq	
Nc	9
C _u , punta palo (t/mq)	6,59
$\sigma'v$ (t/mq)	18,90
σv (t/mq)	34,20

PORTATA DI PUNTA (t) 28,23

CPTU 9			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	2,9		0,62	1,9	4,455	31,6		1,2		3,70	3,29	12,16
2,9	3,8		0,62	0,9	5,715		4,16		0,8174	1,75	3,40	5,96
3,8	6,4		0,62	2,6	7,29	31,6		1,2		5,06	5,38	27,24
6,4	9,8		0,62	3,4	9,99	34,3		1,2		6,62	8,17	54,12
9,8	12,8		0,62	3	12,87		5,48		0,6722	5,84	3,68	21,52
12,8	14,2		0,62	1,4	14,85	28,8		1,2		2,73	9,79	26,70
14,2	18		0,62	3,8	17,19		8,4		0,5	7,40	4,20	31,09

PORTATA LATERALE (t) = 178,79

Profondità testa (m)	1
Profondità punta (m)	18
Area di base (mq)	0,30
Lpalo (m)	17
Nq	15
Nc	9
C _u , punta palo (t/mq)	8,4
$\sigma'v$ (t/mq)	18,90
σv (t/mq)	34,20

PORTATA DI PUNTA (t) 33,15

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
<p>Viabilità di accesso alla Macroisola</p> <p>Prima Zona Industriale di Porto Marghera</p> <p>(C.I. 13755)</p>	<p>PROGETTO ESECUTIVO</p>	<p>PARTE GENERALE</p> <p>G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni</p>

[illegible]

In particolare, considerando 4 verticali d'indagine si hanno i seguenti:

$$\xi_3 = 1.55 \qquad \xi_4 = 1.42$$

Si riportano i valori dei risultati:

	CPTU 7	CPTU 8	CPTU 9	S02	MEDIA	MIN
					(kN)	(kN)
Qlat	1733,62	1813,89	1787,93	1691,09	1756,64	1691,09
Qbase	335,84	282,31	331,49	261,39	302,76	261,39
			COMPRESSIONE		TRAZIONE	
ξ 3	ξ 4	CARATT.	γR3	Rd	γR3	Rd
(-)	(-)	(kN)	(-)	(kN)	(-)	(kN)
1,55	1,42	1133	1,15	985,5	1,25	906,7
1,55	1,42	184	1,15	160,1	(-)	(-)
			Rcd	1145,6	Rtd	906,7

La verifica di capacità portante a compressione è soddisfatta in quanto:

$$R_{cd} = 1146 \text{ kN} > N_{sd,max} = 1123 \text{ kN} \text{ allo SLU}$$

$$R_{cd} = 1146 \text{ kN} > N_{sd,max} = 865 \text{ kN} \text{ allo SLV}$$

La verifica di capacità portante a trazione è soddisfatta in quanto:

$$R_{td} = 907 \text{ kN} > N_{sd,max} = 136 \text{ kN} \text{ allo SLU}$$

$$R_{td} = 907 \text{ kN} > N_{sd,max} = 199 \text{ kN} \text{ allo SLV}$$

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

6.4.3 Pali L = 17m – Cassone Ovest

CPTU 1		γ medio	(t/mc)	1,9								
		prof. falda	m	2,7								
da	a	diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S	
(m da p.c.)	(m da p.c.)	(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)	
1	2,7	0,62	1,7	3,515		2,87		0,9593	3,31	2,75	9,12	
2,7	5	0,62	2,3	6,165	32,2		1,2		4,48	4,66	20,86	
5	6,5	0,62	1,5	7,875	34,7		1,2		2,92	6,54	19,11	
6,5	10,1	0,62	3,6	10,17	36,6		1,2		7,01	9,06	63,51	
10,1	11,8	0,62	1,7	12,555		5,61		0,6579	3,31	3,69	12,22	
11,8	18	0,62	6,2	16,11	28,8		1,2		12,08	10,62	128,27	
PORTATA LATERALE (t) =											253,08	
Profondità testa (m)				1								
Profondità punta (m)				18								
Area di base (mq)				0,30								
Lpalo (m)				17								
Nq				10								
Nc				0								
C _u , punta palo (t/mq)				0								
$\sigma'v$ (t/mq)				18,90								
σv (t/mq)				34,20								
PORTATA DI PUNTA (t)				57,06								

CPTU 2		γ medio	(t/mc)	1,9								
		prof. falda	m	2,7								
da	a	diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S	
(m da p.c.)	(m da p.c.)	(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)	
1	3,8	0,62	2,8	4,86		3,53		0,8867	5,45	3,13	17,07	
3,8	6,7	0,62	2,9	7,425	32,7		1,2		5,65	5,72	32,29	
6,7	9,8	0,62	3,1	10,125	35,3		1,2		6,04	8,60	51,91	
9,8	12,2	0,62	2,4	12,6		5,44		0,6766	4,67	3,68	17,21	
12,2	13,9	0,62	1,7	14,445	28,4		1,2		3,31	9,37	31,02	
13,9	14,5	0,62	0,6	15,48		5,74		0,6436	1,17	3,69	4,32	
14,5	15,9	0,62	1,4	16,38	27,5		1,2		2,73	10,23	27,89	
15,9	17,8	0,62	1,9	17,865		7,65		0,5	3,70	3,83	14,16	
17,8	18	0,62	0,2	18,81	27		1,2		0,39	11,49	4,48	
PORTATA LATERALE (t) =											200,33	
Profondità testa (m)				1								
Profondità punta (m)				18								
Area di base (mq)				0,30								
Lpalo (m)				17								
Nq				10								
Nc				0								
C _u , punta palo (t/mq)				0								
$\sigma'v$ (t/mq)				18,90								
σv (t/mq)				34,20								
PORTATA DI PUNTA (t)				57,06								

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

CPTU 3		γ medio	(t/mc)	1,9								
		prof. falda	m	2,7								
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	2,8		0,62	1,8	4,41		1,88		1	3,51	1,88	6,59
2,8	6,2		0,62	3,4	6,75	31,8		1,2		6,62	5,02	33,24
6,2	9,7		0,62	3,5	9,855	35,2		1,2		6,82	8,34	56,83
9,7	12,6		0,62	2,9	12,735		3,85		0,8515	5,65	3,28	18,52
12,6	13,9		0,62	1,3	14,625	27,5		1,2		2,53	9,13	23,12
13,9	18		0,62	4,1	17,055		6		0,615	7,99	3,69	29,47
PORTATA LATERALE (t) =											167,77	
Profondità testa (m)					1							
Profondità punta (m)					18							
Area di base (mq)					0,30							
Lpalo (m)					17							
Nq					0							
Nc					9							
Cu, punta palo (t/mq)					6							
$\sigma'v$ (t/mq)					18,90							
σv (t/mq)					34,20							
PORTATA DI PUNTA (t)					26,63							

In particolare, considerando 3 verticali d'indagine si hanno i seguenti:

$$\xi_3 = 1.60 \quad \xi_4 = 1.48$$

Si riportano i valori dei risultati:

	CPTU 1	CPTU 2	CPTU 3	MEDIA	MIN
				(kN)	(kN)
Qlat	2530,79	2003,29	1677,69	2070,59	1677,69
Qbase	570,60	570,60	266,28	469,16	266,28

			COMPRESSIONE		TRAZIONE	
ξ_3	ξ_4	CARATT.	$\gamma R3$	Rd	$\gamma R3$	Rd
(-)	(-)	(kN)	(-)	(kN)	(-)	(kN)
1,6	1,48	1134	1,15	985,7	1,25	906,9
1,6	1,48	180	1,15	156,5	(-)	(-)
			Rcd	1142,2	Rtd	906,9

La verifica di capacità portante a compressione è soddisfatta in quanto:

$$R_{cd} = 1142 \text{ kN} > N_{sd,max} = 1100 \text{ kN} \text{ allo SLU}$$

$$R_{cd} = 11462 \text{ kN} > N_{sd,max} = 825 \text{ kN} \text{ allo SLV}$$

La verifica di capacità portante a trazione è soddisfatta in quanto:

$$R_{td} = 907 \text{ kN} > N_{sd,max} = 16 \text{ kN} \text{ allo SLU}$$

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

$$R_{td} = 907 \text{ kN} > N_{sd,max} = 13 \text{ kN allo SLV}$$

6.5 Verifiche strutturali dei pali

Si verificano a tenso-flessione i pali in testa, ove la flessione risulta massima: il palo risulta armato con barre longitudinali tipo $8\phi 16 + 8\phi 20 + 8\phi 24$. Rapportando tutto a barre $\phi 16$ (n°38 $\phi 16$) si ha il seguente momento esistente per il valore minimo di azione assiale per il palo considerato (+350 kN):

$$si \text{ ha } M_{rd} = 592 \text{ kNm} > M_{sdmax} = 518 \text{ kNm}$$

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

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 31 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 38
Diametro barre: 1.6 [cm]
Copriferro (baric.): 8 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 350 0 kN
M_{xEd}: 0 0 kNm
M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
τ_{c1}: 1.829

M_{xRd}: 592.1 kNm

σ_c: -14.17 N/mm²
σ_s: 391.3 N/mm²
ε_c: 3.5 ‰
ε_s: 4.726 ‰
d: 54 cm
x: 22.97 x/d: 0.4255
δ: 0.9718

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀: 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

La sollecitazione di taglio massimo è pari a 295 kN. L'armatura è composta da staffatura elicoidale di diametro 12mm/20cm. Si riporta la verifica SLU a taglio riducendo la sezione di verifica ad una sezione quadrata di pari superficie della sezione del palo.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

VERIFICA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A. - secondo DM2008 punto 4.1.2.1.3					
GEOMETRIA SEZIONE					
base b_w	520	[mm]	d utile	470	[mm]
altezza	520	[mm]	area	270400	[mm ²]
copriferro	50	[mm]			
MATERIALI					
			calcestruzzo		
			R_{ck}	30	[N/mm ²]
acciaio	B450C		f_{ck}	25	[N/mm ²]
f_{yk}	450	[N/mm ²]	γ_c	1.5	
γ_s	1.15		alfa cc	0.85	
f_{yd}	391	[N/mm ²]	f_{cd}	14.2	[N/mm ²]
			f'_{cd}	7.1	[N/mm ²]
SOLLECITAZIONE		Vsd	295	[kN]	
elementi senza armature trasversali resistenti a taglio				[punto 4.1.2.1.3.1]	
(per solai piastre e membrature → si calcola la resistenza a trazione del cls)					
k	1.65				
V_{min}	0.372				
Asl	3800	[mm ²]	area armatura longitudinale tesa		
ρ_1	0.016	<	0.020		
σ_{cp}	0.000	<	2.833	[MPa]	
N_{Sd}	0	[kN]	sforzo di compressione		
V_{Rd}	164.15	[kN]	$V_{Rd,min} =$	90.84	[kN]
V_{Rd}	164.15	[kN]			
Vrd < Vsd	necessario mettere armatura trasversale a taglio				

elementi con armature trasversali resistenti a taglio				[punto 4.1.2.1.3.2]	
ARMATURE					
alfa c	1.00				
diam.staffe	12	[mm]		Inclinazione variabile	
s	200	[mm]	passo staffe	ω_{sw}	0.0601
n° braccia	2			$\cot\theta^*$	2.7061
Asw	226	[mm ²] armatura trasversale			
alfa	90	[°]	inclinazione staffe-asse trave		
cot (alfa)	0.00				
sen (alfa)	1.00				
θ	45.0	[°]	inclinazione puntoni cls tra 21.8° e 45°		
cot (θ)	2.00		compreso tra 1,0 e 2,5		
resistenza offerta dall'armatura a taglio				374 [kN]	
TAGLIO RESISTENTE					
resistenza di calcolo a taglio trazione				formula 4.1.18	
V_{Rds}	374	[kN]			
resistenza di calcolo a taglio compressione				formula 4.1.19	
V_{Rcd}	623	[kN]			
resistenza a taglio (min V_{rds} ; V_{rcd})				formula 4.1.20	
V_{Rd}	374	[kN]			

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

6.6 Verifiche del cordolo di fondazione

Il cordolo di testa dei pali può essere schematizzato, come trave continua su appoggi (i pali), soggetta a carico distribuito stimato come la massima reazione sui pali distribuita sull'interasse tra questi. Questa ipotesi è molto a favore di sicurezza in quanto il cordolo stesso è in continuità con i setti delle pareti per cui possiede una resistenza molto più alta. Considerando il tratto di massimo interasse tra i pali (3.0m) e il carico SLU massimo ($\sim 1100\text{kN}$), si ha il seguente carico distribuito sulla suddetta trave:

$$q_{\text{SLU}} = 1100/3 = 367 \text{ kN/m}$$

da cui si ricava il seguente taglio e sforzo flessionale Massimo:

$$T = q L/2 = 550 \text{ kN}$$

$$M = q l^2/10 = 330 \text{ kNm}$$

Armando il cordolo di fondazione, di sezione $B \times H = 1.20 \times 0.70$, con barre superiori ed inferiori pari a $6+6\phi 20$, reggistaffa $1+1\phi 20$, staffe $\phi 16/20$ si ottengono i seguenti valori del momento resistente e del taglio resistente: tutte le verifiche SLU sono soddisfatte:

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

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

TITOLO :

N° strati barre 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	120	70	1	18.8	6
			2	18.8	63

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

N_{Ed} 350 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

Materiali
B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 550.4 kNm

σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 29.03 ‰
d 63 cm
x 6.778 x/d 0.1076
 δ 0.7

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

VERIFICA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A. - secondo DM2008 punto 4.1.2.1.3					
GEOMETRIA SEZIONE					
base b_w	1200	[mm]	d utile	650	[mm]
altezza	700	[mm]	area	840000	[mm ²]
copriferro	50	[mm]			
MATERIALI					
			calcestruzzo		
			R_{ck}	30	[N/mm ²]
acciaio	B450C		f_{ck}	25	[N/mm ²]
f_{yk}	450	[N/mm ²]	γ_c	1.5	
γ_s	1.15		alfa cc	0.85	
f_{yd}	391	[N/mm ²]	f_{cd}	14.2	[N/mm ²]
			f'_{cd}	7.1	[N/mm ²]
SOLLECITAZIONE		Vsd	295	[kN]	
<i>elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</i>					[punto 4.1.2.1.3.1]
<i>(per solai piastre e membrature → si calcola la resistenza a trazione del cls)</i>					
k	1.55				
V_{min}	0.339				
Asl	1880	[mm ²]	area armatura longitudinale tesa		
ρ_1	0.002	<	0.020		
σ_{cp}	0.000	<	2.833	[MPa]	
N_{Sd}	0	[kN]	sforzo di compressione		
V_{Rd}	264.80	[kN]	$V_{Rd,min} =$	264.61	[kN]
V_{Rd}	264.80	[kN]			
$V_{rd} < V_{sd}$		necessario mettere armatura trasversale a taglio			
<i>elementi con armature trasversali resistenti a taglio</i>					[punto 4.1.2.1.3.2]
ARMATURE					
alfa c	1.00				
diam.staffe	16	[mm]		Inclinazione variabile	
s	200	[mm]	passo staffe	ω_{sw}	0.0463
n° braccia	2			$\cot\theta^*$	3.1311
Asw	402	[mm ²]	armatura trasversale		
alfa	90	[°]	inclinazione staffe-asse trave		
$\cot(\alpha)$	0.00				
$\sin(\alpha)$	1.00				
θ	45.0	[°]	inclinazione puntoni cls tra 21.8° e 45°		
$\cot(\theta)$	1.50		compreso tra 1,0 e 2,5		
resistenza offerta dall'armatura a taglio				690	[kN]
TAGLIO RESISTENTE					
<i>resistenza di calcolo a taglio trazione</i>				<i>formula 4.1.18</i>	
V_{Rds}	690	[kN]			
<i>resistenza di calcolo a taglio compressione</i>				<i>formula 4.1.19</i>	
V_{Rcd}	2295	[kN]			
<i>resistenza a taglio (min V_{rds} ; V_{rcd})</i>				<i>formula 4.1.20</i>	
V_{Rd}	690	[kN]			

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

7 Assi secondari – Rampe

7.1 Premessa

Si riporta nel seguito la descrizione, l'analisi e la verifica delle opere di fondazione delle rampe Est (lato Venezia) e Ovest (lato Mestre) degli assi secondari di accesso alla copertura della galleria artificiale.

7.2 Descrizione dell'opera

Le fondazioni delle colonne 0.80x0.80m sono realizzate con trave continua su pali. Le dimensioni correnti BxH della trave sono 3.60x0.80m (tratto Basso), mentre i pali sono di tipo FDP di diametro 620mm e lunghezza pari a 21.0m per la rampa lato Ovest (lato Mestre) e 22.0m per la rampa lato Est (lato Venezia), poste a coppie lungo la trave, con interasse longitudinale variabile da 2.00m (tratto Alto) a 2.40m (tratto Basso) e trasversale pari a 2.40m.

La rampa lato Ovest-Tratto Alto presenta eccentricità tra fondazione e sovrastruttura, oltre che presentare le dimensioni maggiori quanto a impalcato rispetto il tratto Est. D'alto canto la presenza del terrapieno, relativo alla sola rampa Est, comporta degli aggravi di sollecitazione in fondazione, quanto a carico verticale, eccentricità di questo rispetto la fondazione (quindi momento) e spinta orizzontale.

Come esplicitato nella relazione G.02 relativa alle sovrastrutture, per la rampa Est la presenza del terrapieno comporta un aggravio di sollecitazioni in fondazione che è minore rispetto all'aggravio che si ha nel considerare, anche per la rampa Est, le sollecitazioni in fondazioni relative alla rampa Ovest. Per tale motivo si considera nei paragrafi seguenti le sole sollecitazioni in fondazione della rampa Ovest, estendendone i risultati alla rampa Est.

Si riportano nelle seguenti immagini le piante delle suddette palificate, con individuazione degli interassi dei pali:

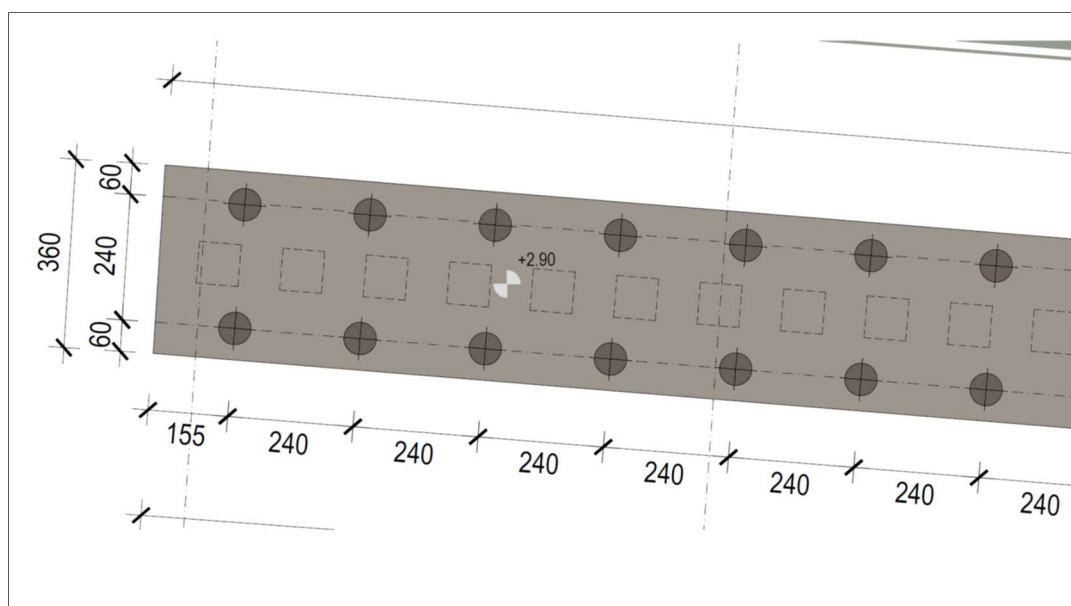


Figura 7.1. Pianta palificata tratto Basso

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

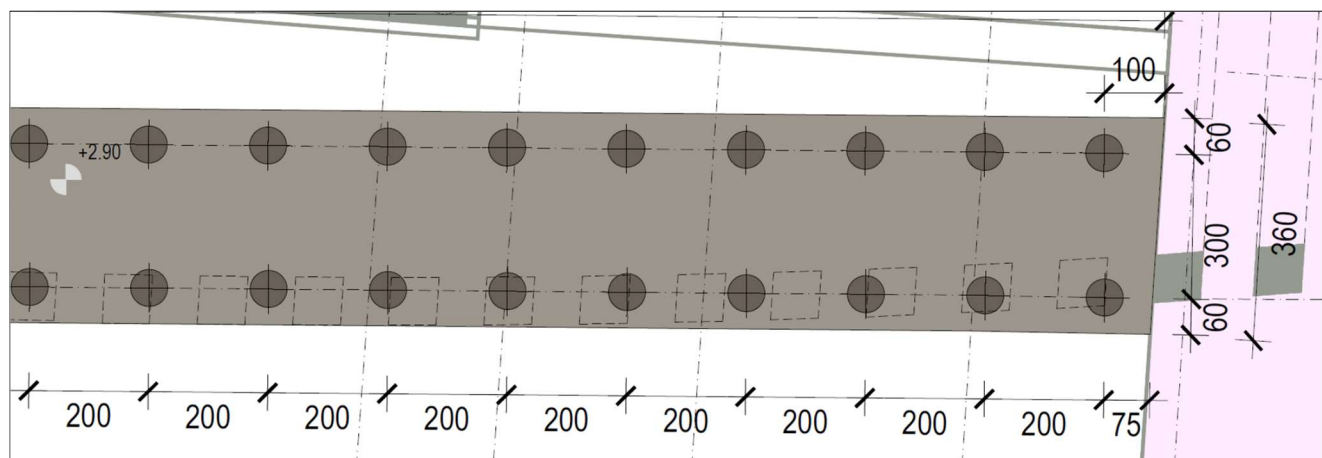


Figura 7.2. Pianta palificata tratto Alto

7.3 Analisi delle fondazioni

7.3.1 Generalità

La modellazione della sovrastruttura (viadotto) è realizzata inserendo, in corrispondenza della base delle singole colonne, molle elastiche che simulano la presenza del vincolo offerto dalla palificata intesa come plinto+pali. Dall'analisi della sovrastruttura vengono quindi fornite le sollecitazioni in fondazione per ogni singola colonna alla base della colonna stessa e per ogni singola combinazione.

La rigidità offerta dal vincolo consta in 3 rigidità traslazionali (1 verticale e 2 orizzontali) e 3 rotazionali (2 attorno agli assi orizzontali – flessione – ed 1 attorno l'asse del palo - torsione).

Dalla modellazione delle sovrastrutture si hanno quindi le reazioni all'estradosso della fondazione per quanto riguarda lo sforzo verticale, orizzontale e flessionale sulla fondazione.

Per l'analisi della palificata di fondazione viene impiegato un codice di calcolo specifico per la modellazione di plinti su fondazioni profonde (Group, Ensoft Inc., Prof. Reese). Esso permette la modellazione bidimensionale o tridimensionale agli elementi finiti dei soli elementi di fondazione profonda (pali); la presenza del plinto è considerata solamente per quanto riguarda la sua influenza sulle sollecitazioni, sulle condizioni al contorno del problema e sull'interazione con il terreno adiacente allo stesso, ma non come elemento strutturale appartenente al problema. I pali vengono modellati come elementi beam a comportamento elastico lineare, mentre l'effetto del terreno sul palo viene modellato come elemento molla a comportamento elasto-plastico.

Per una maggiore illustrazione delle capacità del software oltre che ad un database di validazione si rimanda al sito internet del produttore: <http://www.ensoftinc.com/>.

La geometria e le caratteristiche della sezione dei pali considerate nei calcoli sono riportate nella seguente Tabella 5.1:

D (mm)	620
L (m)	21
A (mm ²)	3.02E5

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

$I_z \text{ (mm}^4\text{)}$	7.25E9
$I_y \text{ (mm}^4\text{)}$	7.25E9
$E \text{ (MPa)}$	30000

Tabella 7.1 Caratteristiche della sezione del palo in Group.

Dove:

- D indica il diametro della sezione del palo;
- L indica la lunghezza del fusto;
- A indica l'area della sezione;
- I_z , I_y indicano rispettivamente il momento d'inerzia attorno all'asse z e y;
- E indica il modulo elastico del palo.

Il sistema di riferimento adottato in Group è illustrato in Figura 7.3; come si può notare l'asse Y e Z giacciono sul piano mentre l'asse X è parallelo all'asse dei pali e rivolto verso il basso, il momento M_y ruota attorno all'asse Y, M_z ruota attorno all'asse Z ed infine M_x ruota attorno all'asse X.

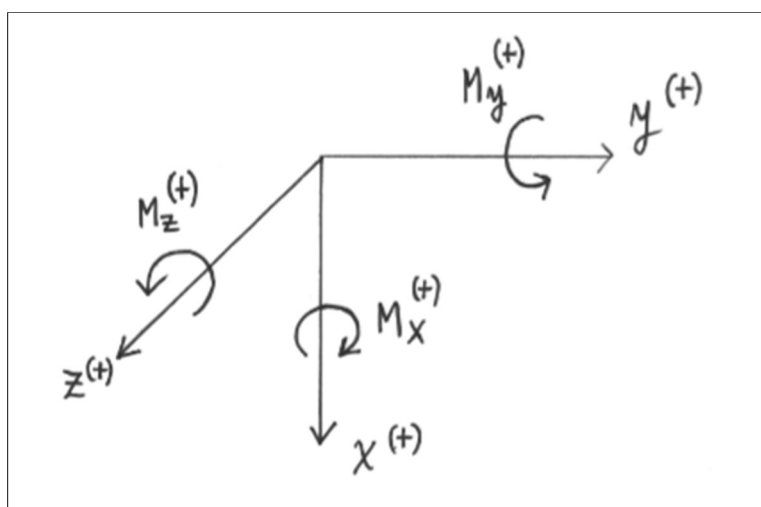


Figura 7.3 Sistema di riferimento utilizzato nel software Group.

Nei modelli di calcolo realizzati in Group tutte le sollecitazioni sono state applicate in corrispondenza della testa dei pali.

E' stato considerato un tratto di trave continua composto da 4 coppie di pali, quindi da un tratto di lunghezza parallelamente all'asse del viadotto pari a 9.6m per il tratto Basso e di 8.0m per il tratto Alto. Per quanto riguarda la stratigrafia utilizzata nell'analisi, si è fatto riferimento a quanto riportato nel paragrafo 4, ovvero alla verticale S02 che fornisce le caratteristiche del terreno più scadenti rispetto alle altre. In Figura 5.6 è rappresentato un esempio di modello utilizzato nel software.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

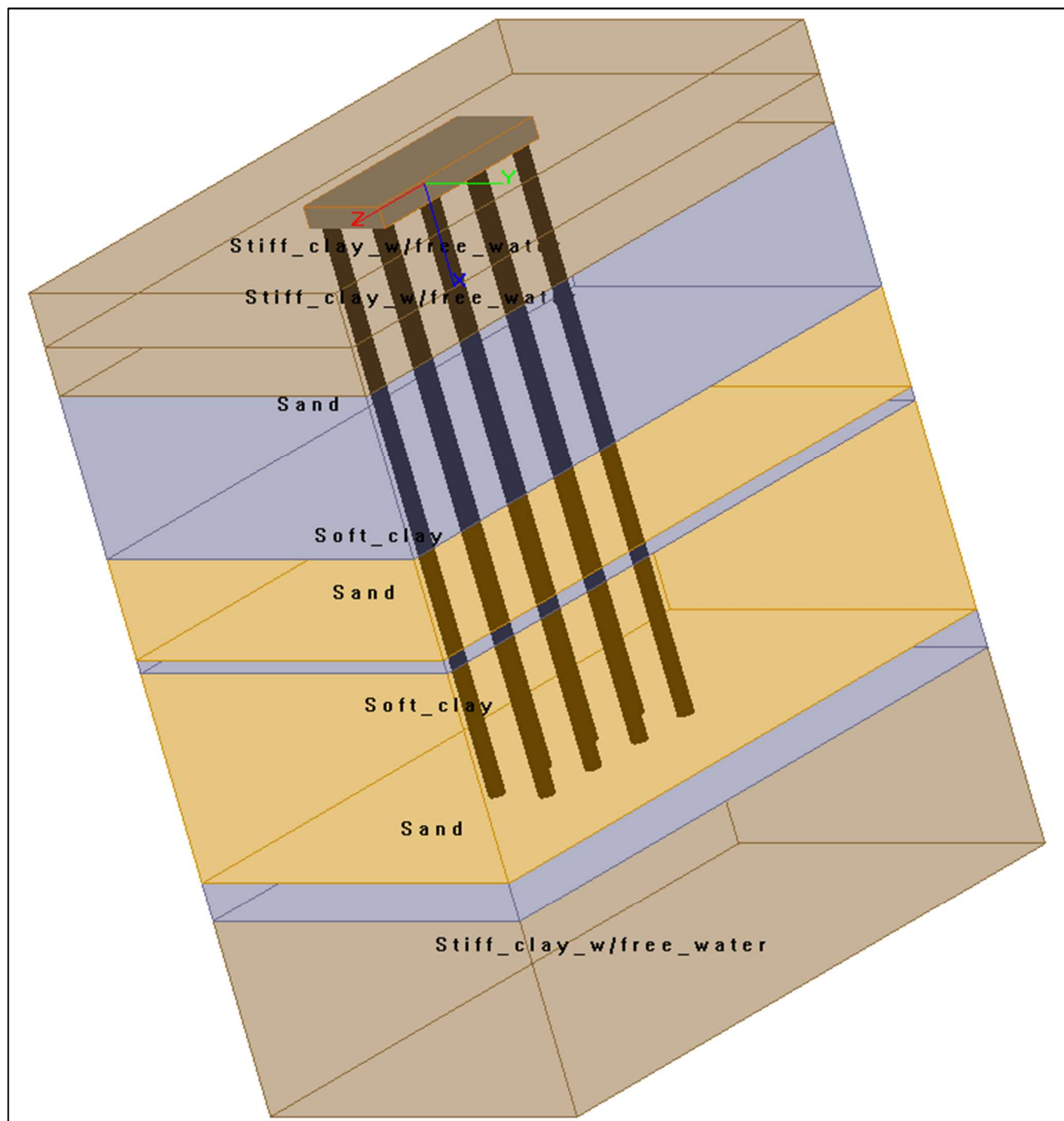


Figura 7.4 Vista del modello 3D implementato in Group per il Tratto Basso.

7.3.2 Combinazioni di carico considerate

Per il dimensionamento delle fondazioni sono state prese in considerazione solamente le combinazioni di carico che forniscono le sollecitazioni maggiori all'intradosso dei plinti. In particolare è stata considerata la combinazione che massimizza lo sforzo assiale a trazione e compressione sul singolo palo, quella che massimizza lo sforzo normale globale e quelle che massimizzano il taglio ed il momento flettente sulla palificata.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

La stima dello sforzo normale massimo agente sul singolo palo N_i è avvenuta in maniera semplificata ipotizzando la conservazione delle sezioni piane a livello di intradosso del plinto, quindi non considerando in questa prima fase l'interazione della rigidità assiale e flessionale dei pali. La formula utilizzata è la seguente (Viggiani, 2014):

$$N_i = \frac{N_{tot}}{n^{\circ} \text{ pali}} \pm \frac{M_y}{\sum_{i=1}^n x_i^2} x_i \pm \frac{M_x}{\sum_{i=1}^n y_i^2} y_i$$

Dove:

- x_i, y_i rappresentano rispettivamente la distanza dall'asse delle y e dall'asse delle x (assi baricentrici alla palificata);
- N_{tot} rappresenta lo sforzo normale globale agente;
- M_y, M_x rappresentano i momenti globali agenti secondo la convenzione riportata in Figura 7.3.

Per la stima del taglio e del momento massimo globale agente è stata calcolata la somma vettoriale per ogni combinazione secondo le seguenti:

$$V_{tot} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

$$M_{tot} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

Nel seguito sono riportate delle tabelle in cui si evidenziano le combinazioni che massimizzano gli sforzi secondo quanto sopra esposto, sempre distinguendo i plinti per ognuno dei due tratti considerati.

Si specifica che non sono state considerate le sollecitazioni derivanti dal peso del terrapieno, presente per la sola rampa Est. Gli scarichi maggiori sono relativi alla rampa Ovest in cui la sovrastruttura risulta di dimensioni e altezza maggiore della Est.

La numerazione delle combinazioni ed i corrispondenti valori delle sollecitazioni in fondazione sono desunti dall'analisi delle sovrastrutture, a cui si rimanda per i dettagli. A tali azioni derivanti dalla sovrastruttura (relative alla base della colonna, quindi all'estradosso trave di fondazione), sono aggiunti i valori del peso del plinto. Gli scarichi da sovrastruttura tengono già conto dell'eventuale eccentricità tra pilastro e baricentro pali (es. per Tratto Alto).

SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE TRATTO BASSO:

CMB		AZIONI BASE PILASTRO							PORZIONE DI 9,6 METRI					
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	Node	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLU 41	36	18	-44	1637	-894	151	-13		108	-261	9824	-5362	906	-158
SLV 5	36	-298	-95	341	-1645	-94	-63		-1790	-569	2049	-9872	-563	-751
SLV 6	36	-300	14	205	-1592	-387	-30		-1798	83	1232	-9551	-2323	-356
SLV 16	1	-112	-352	-41	-588	-106	-39		-672	-2111	-246	-3529	-637	-462

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

CMB		TRASPORTO BASE PLINTO												
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Nc		Nt		Ti		Mtot
	Node	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]							
SLU 41	36	108	-261	10516	-5275	697	-158	1912	Nc,max	717		35		5320.794
SLV 5	36	-1790	-569	2740	-11304	-1018	-751	1591		-906		235		11350.11 Mtot,max
SLV 6	36	-1798	83	1924	-10989	-2257	-356	1542		-1061	Nt,max	225		11218.64
SLV 16	1	-672	-2111	445	-4066	-2325	-462	641		-529		277	Ti,max	4684.297

Tabella 7.2 Combinazioni che massimizzano le sollecitazioni, Rampa Tratto Basso.

SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE TRATTO ALTO:

CMB		AZIONI BASE PILASTRO								PORZIONE DI 8 METRI					
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz			Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
	Node	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]			[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
SLU 41	46	10	-22	1720	-2040	111	-15			50	-112	8601	-10198	554	-151
SLV 5	46	-229	-66	404	-2390	-154	-74			-1147	-329	2019	-11950	-772	-743
SLV 6	46	-231	-32	343	-2332	-290	-43			-1154	-158	1716	-11661	-1450	-430
SLV 16	2	-118	-325	-40	-1232	-679	-145			-590	-1624	-200	-6158	-3395	-1451

CMB		TRASPORTO BASE PLINTO PER TRATTO N° 8 PALI													
		Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz		Nc		Nt		Ti		Mtot
	Node	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]								
SLU 41	46	50	-112	9177	-10157	464	-151	2244	Nc,max	50		15		10168.1	
SLV 5	46	-1147	-329	2595	-12867	-1035	-743	1751		-1102		149		12908.8	Mtot,max
SLV 6	46	-1154	-158	2292	-12584	-1576	-430	1729		-1156	Nt,max	146		12682.6	
SLV 16	2	-590	-1624	376	-6630	-4694	-1451	1129		-1035		216	Ti,max	8122.94	

Tabella 7.3 Combinazioni che massimizzano le sollecitazioni, Rampa Tratto Alto.

7.3.3 Risultati delle modellazioni

Si riportano nel seguito i grafici delle sollecitazioni massime lungo i pali derivanti dall'analisi svolta con il software Group per ogni combinazione considerata. Nei diagrammi di momento e taglio sono riportate le sollecitazioni in valore assoluto.

7.3.3.1 Rampe Tratto Basso

Le sollecitazioni massime del palo sono le seguenti:

COMBINAZIONE	Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Vmax (kN)
SLU41	1747	824	170	80
SLV5	1286	-607	385	222
SLV6	1212	-739	387	226
SLV16	655	-504	335	253

Tabella 7.4 Sollecitazioni massime testa palo Tratto Basso.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

1. Combinazione SLU 41

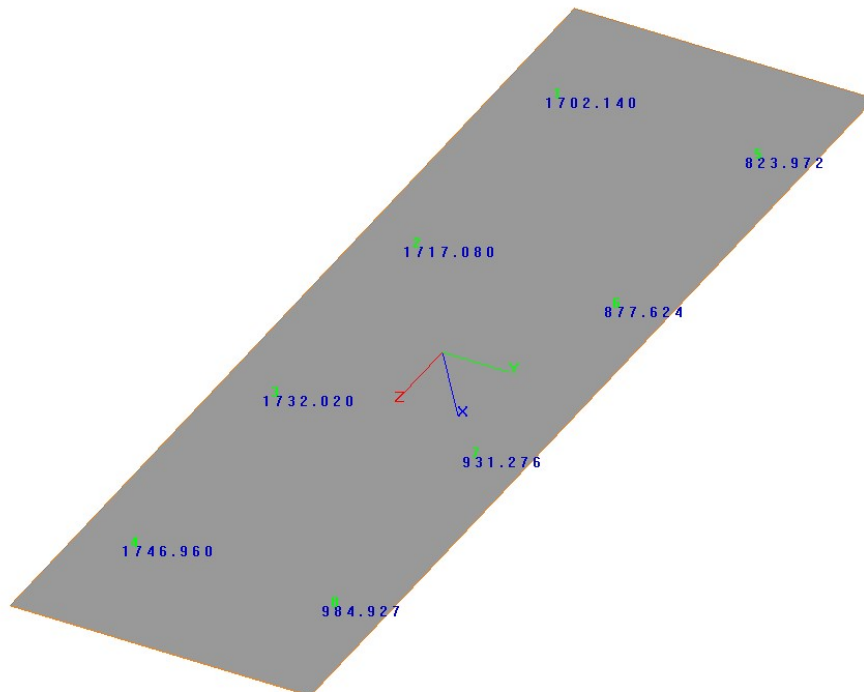
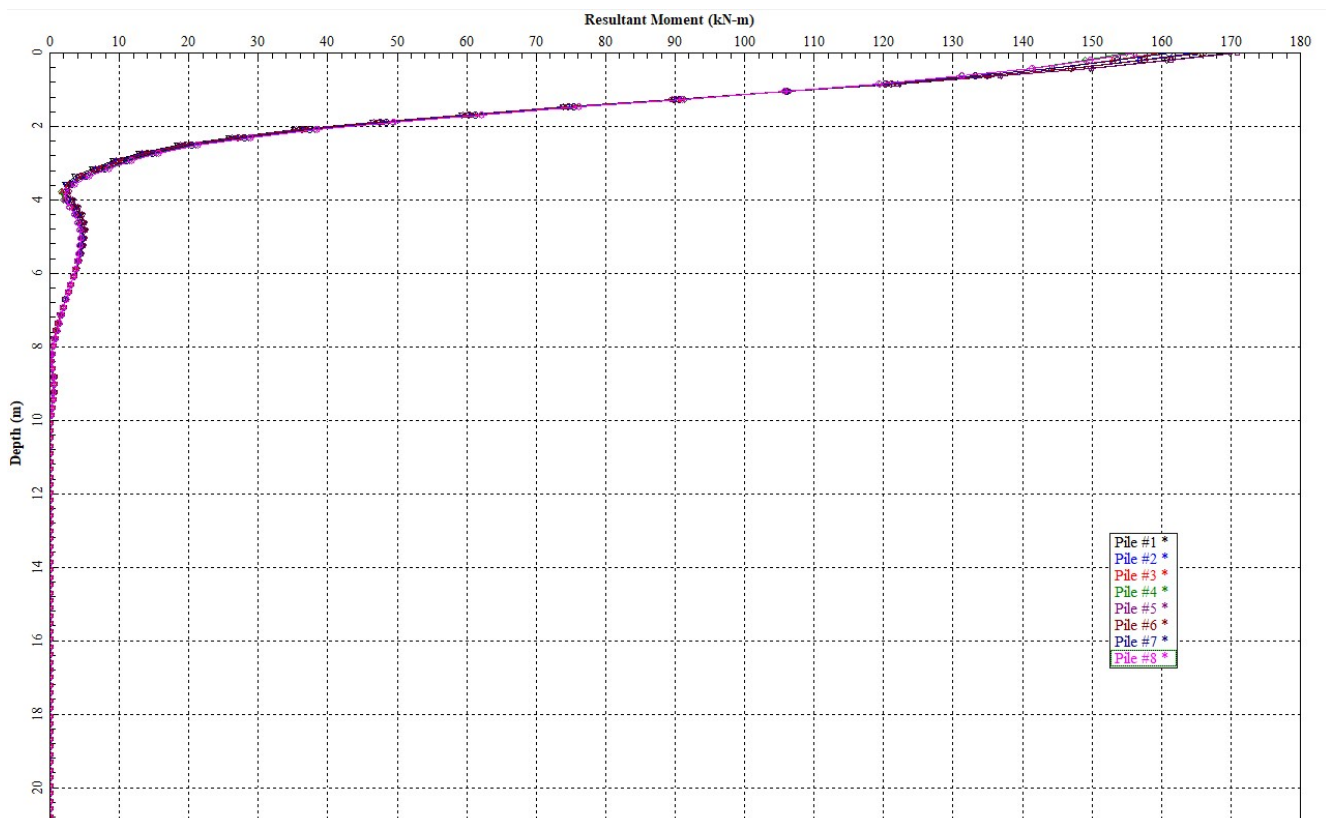


Figura 7.5 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLU41, Tratto Basso.



Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

Figura 7.6 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLU41, Tratto Basso.

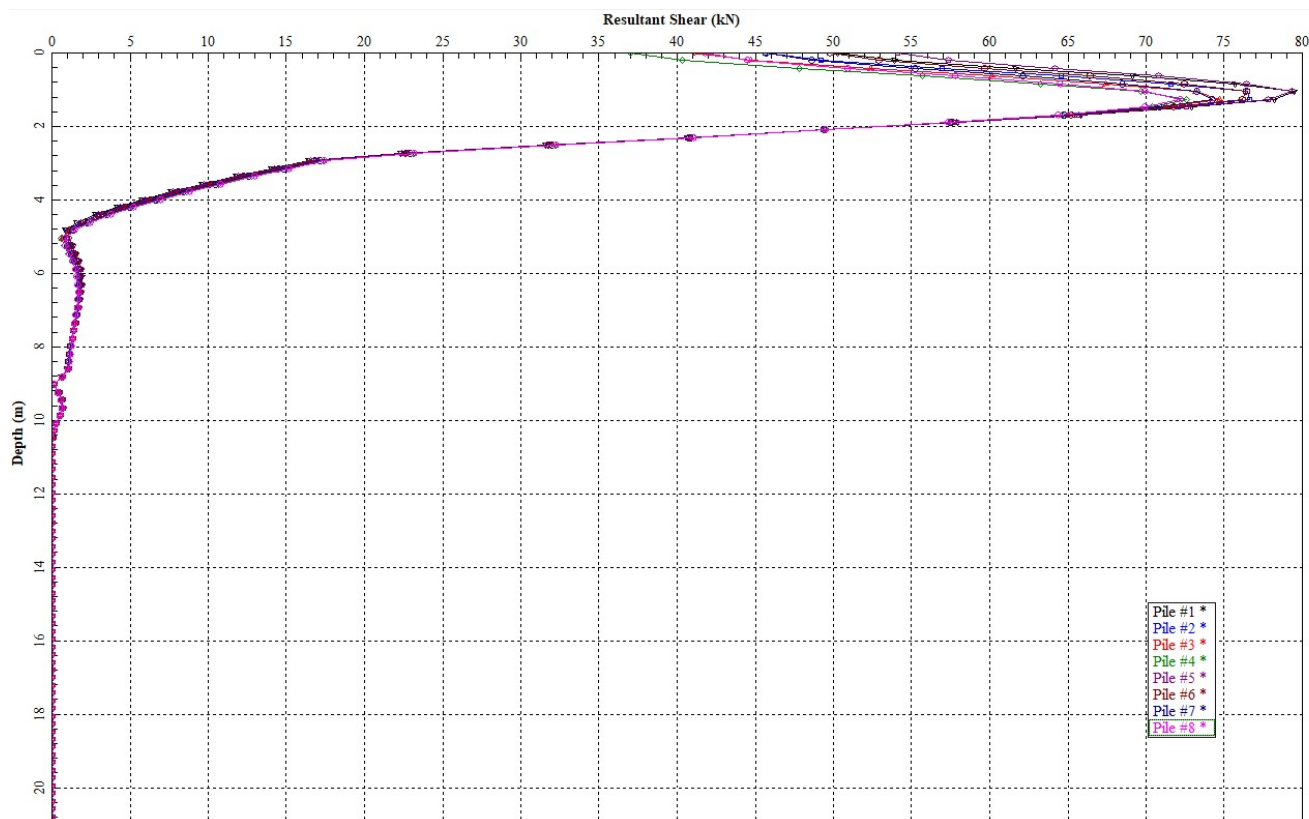


Figura 7.7 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLU41, Tratto Basso.

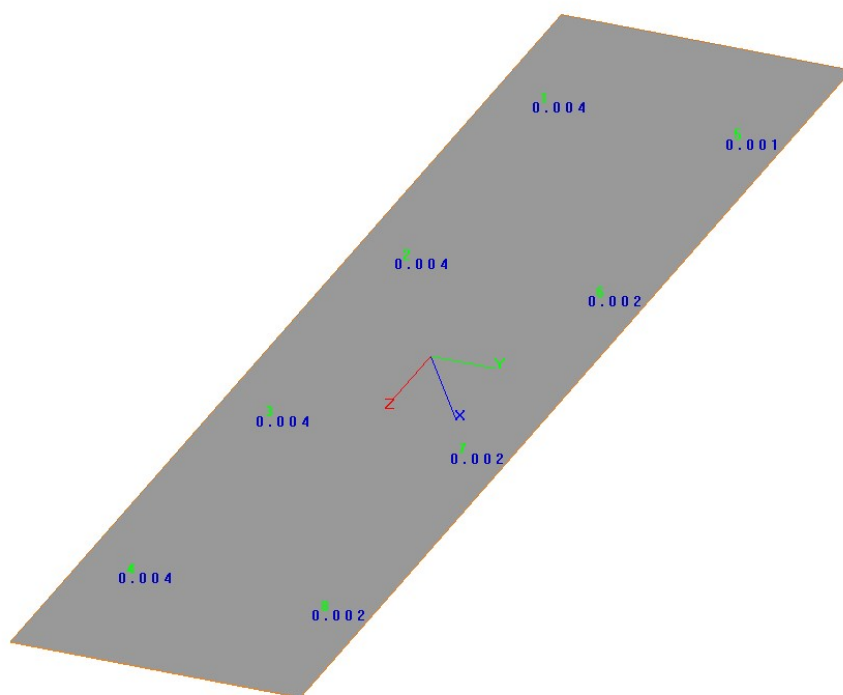


Figura 7.8 Spostamento dei pali in direzione assiale, combinazione SLU41, Tratto Basso.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

2. Combinazione SLV5

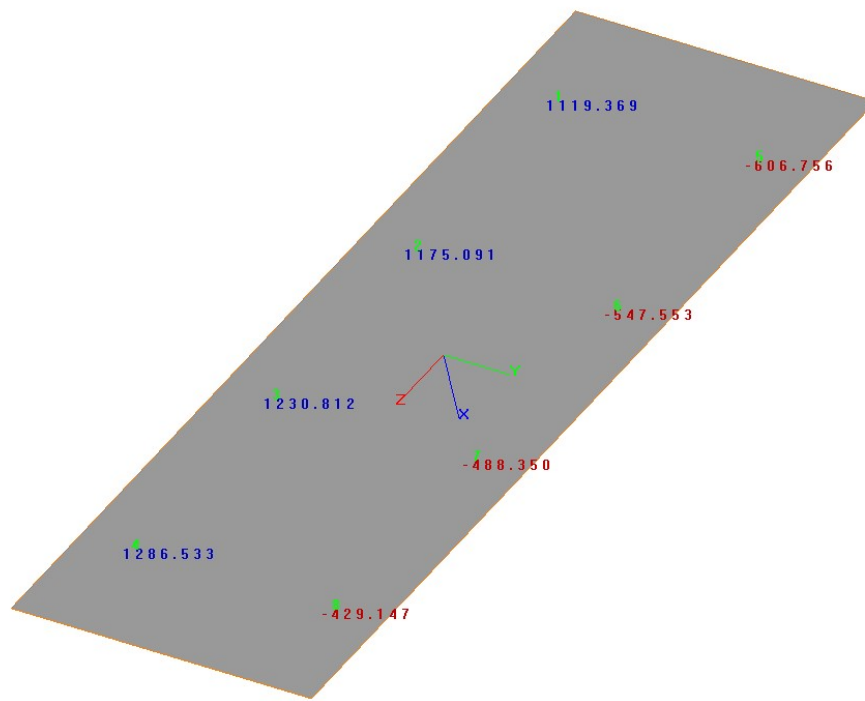


Figura 7.9 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLV5, Tratto Basso.

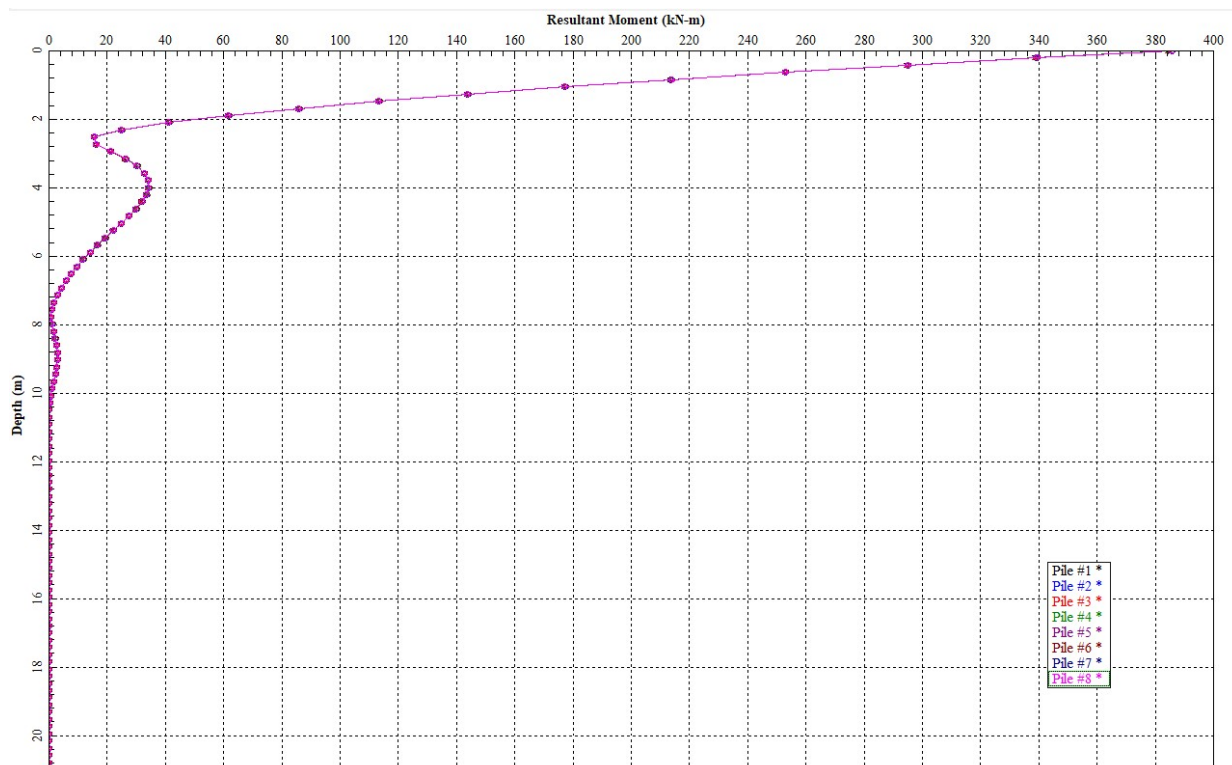


Figura 7.10 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLV5, Tratto Basso.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

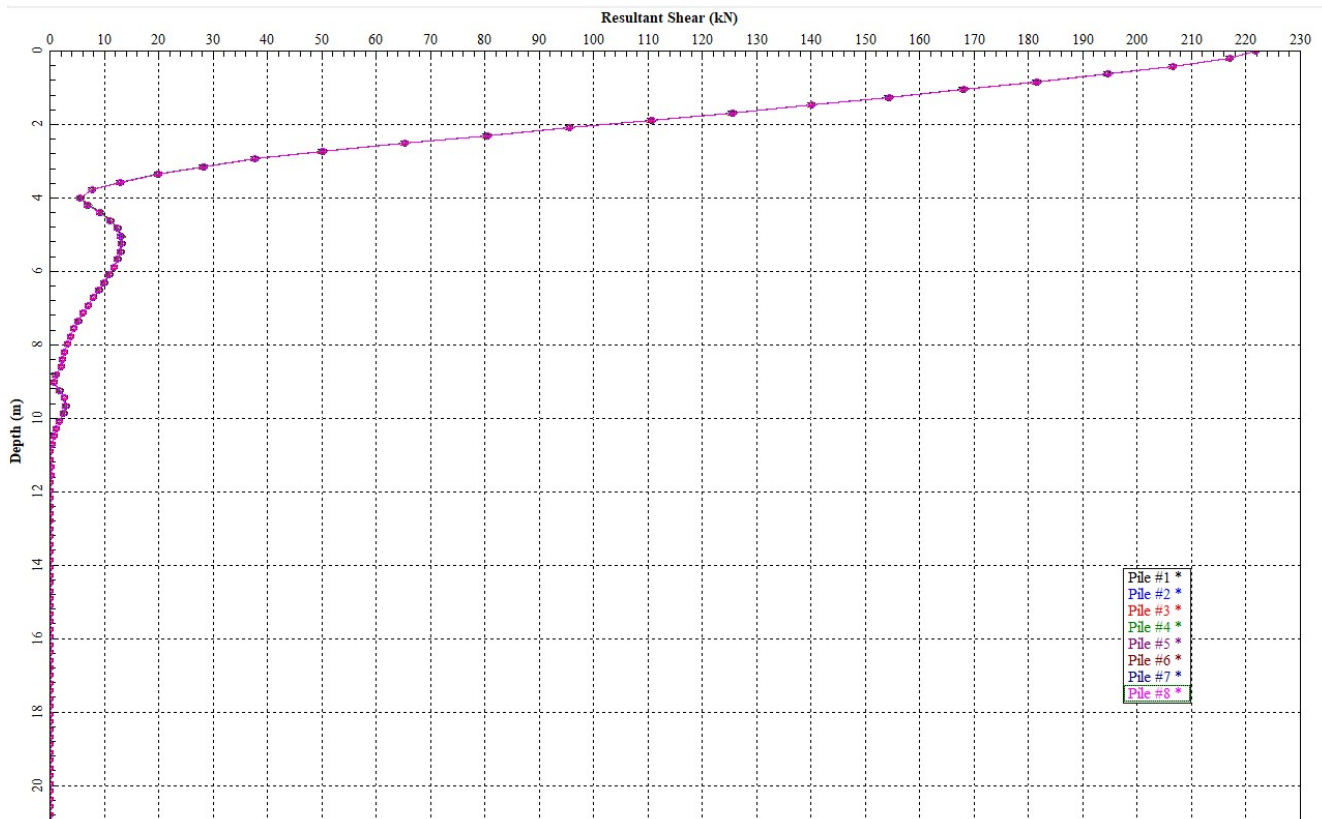


Figura 7.11 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLV5, Tratto Basso.

3. Combinazione SLV6

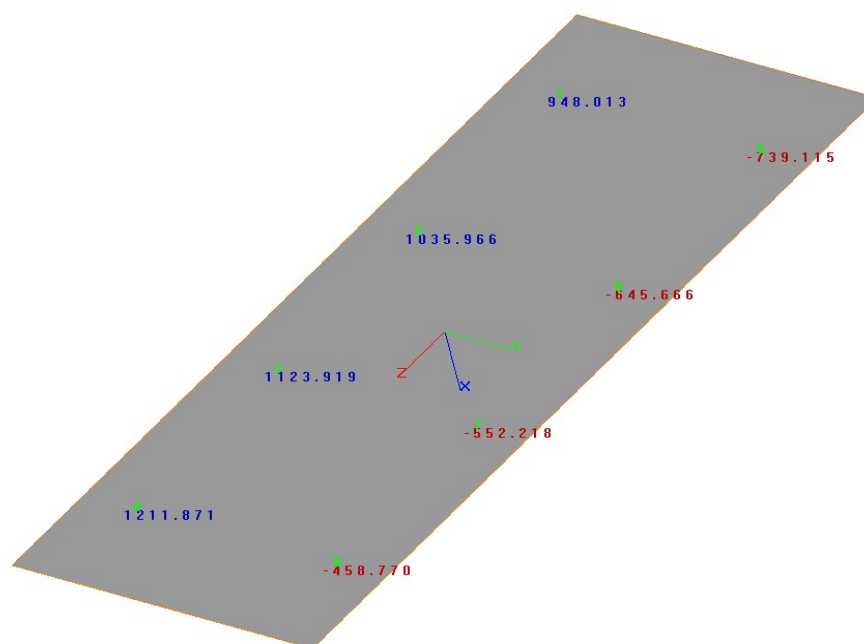


Figura 7.12 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLV6, Tratto Basso.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

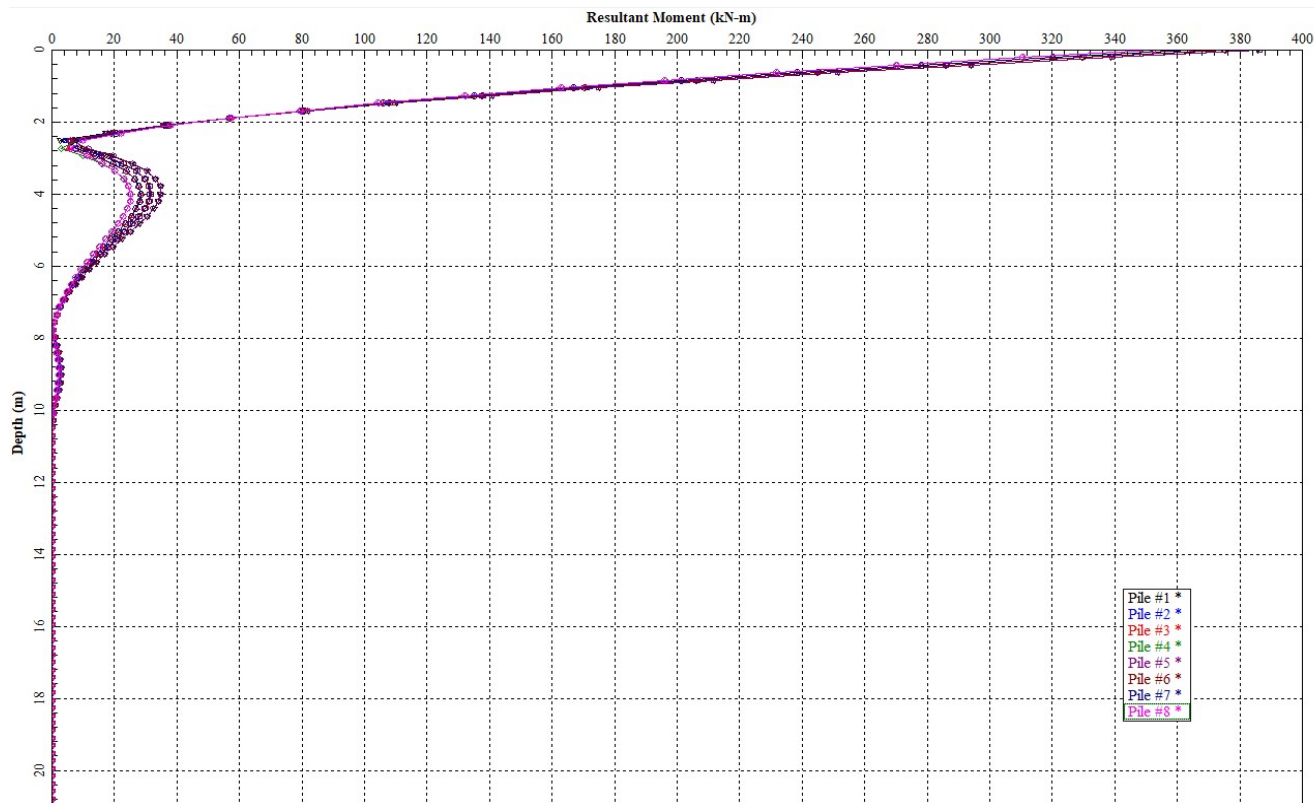


Figura 7.13 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLV6, Tratto Basso.

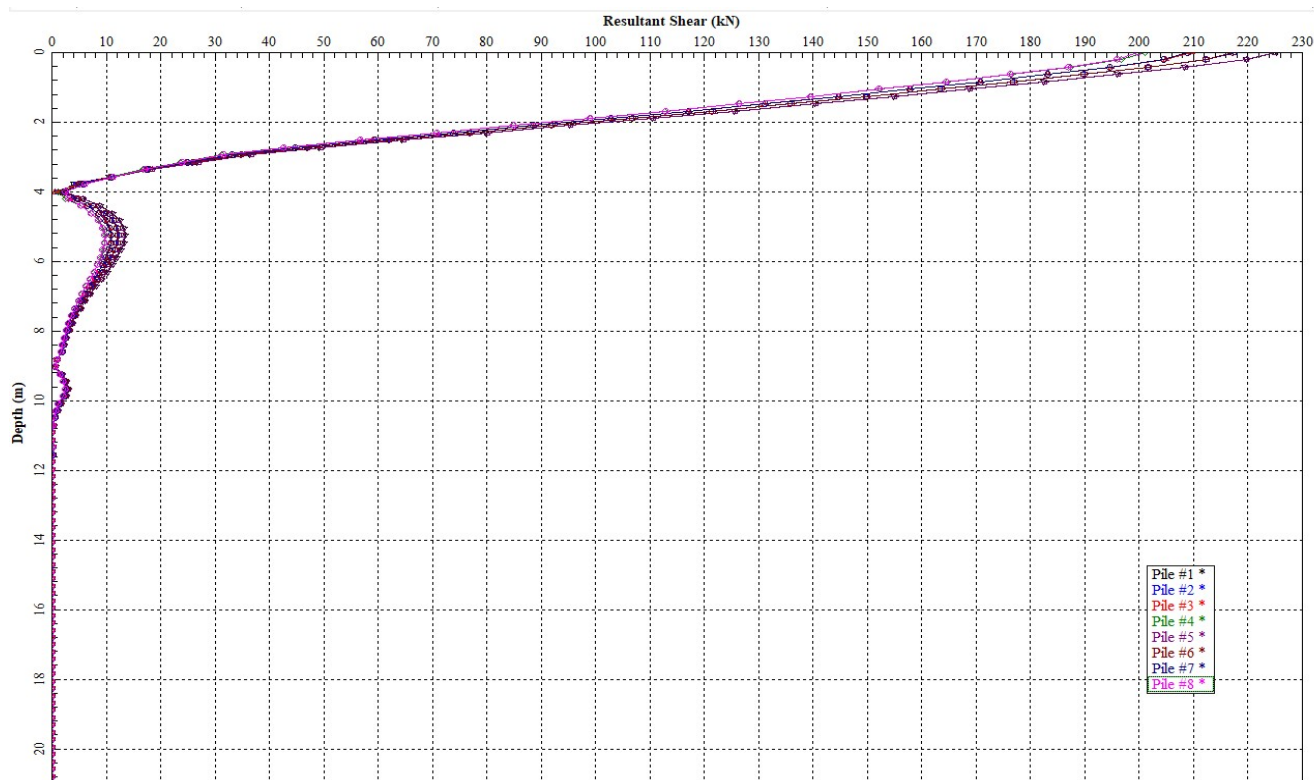


Figura 7.14 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLV6, Tratto Basso.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

4. Combinazione SLV 16

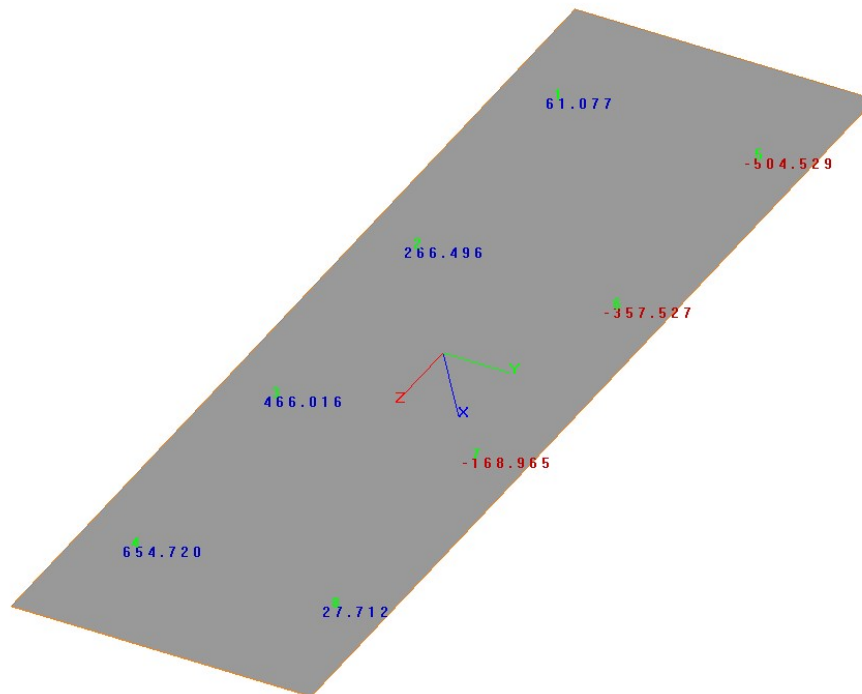


Figura 7.15 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLV16, Tratto Basso.

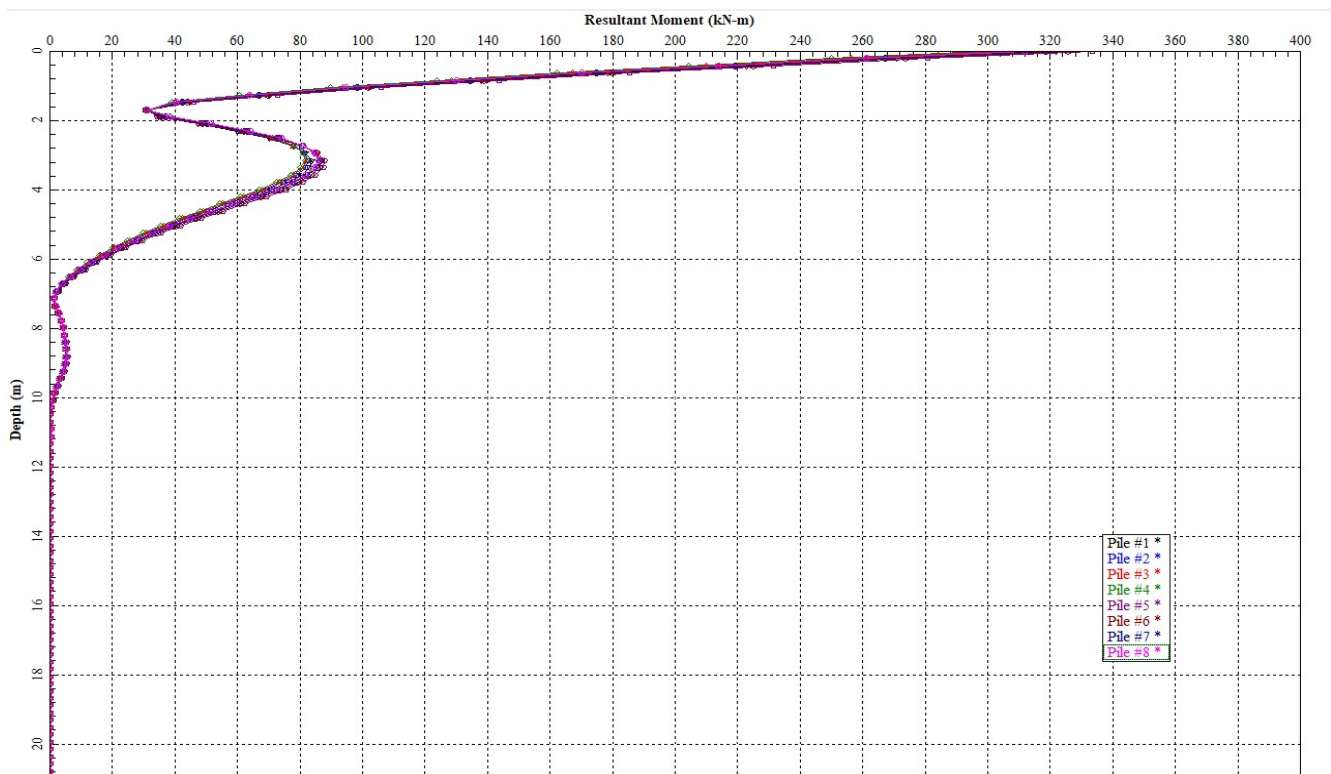


Figura 7.16 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLV16, Tratto Basso.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

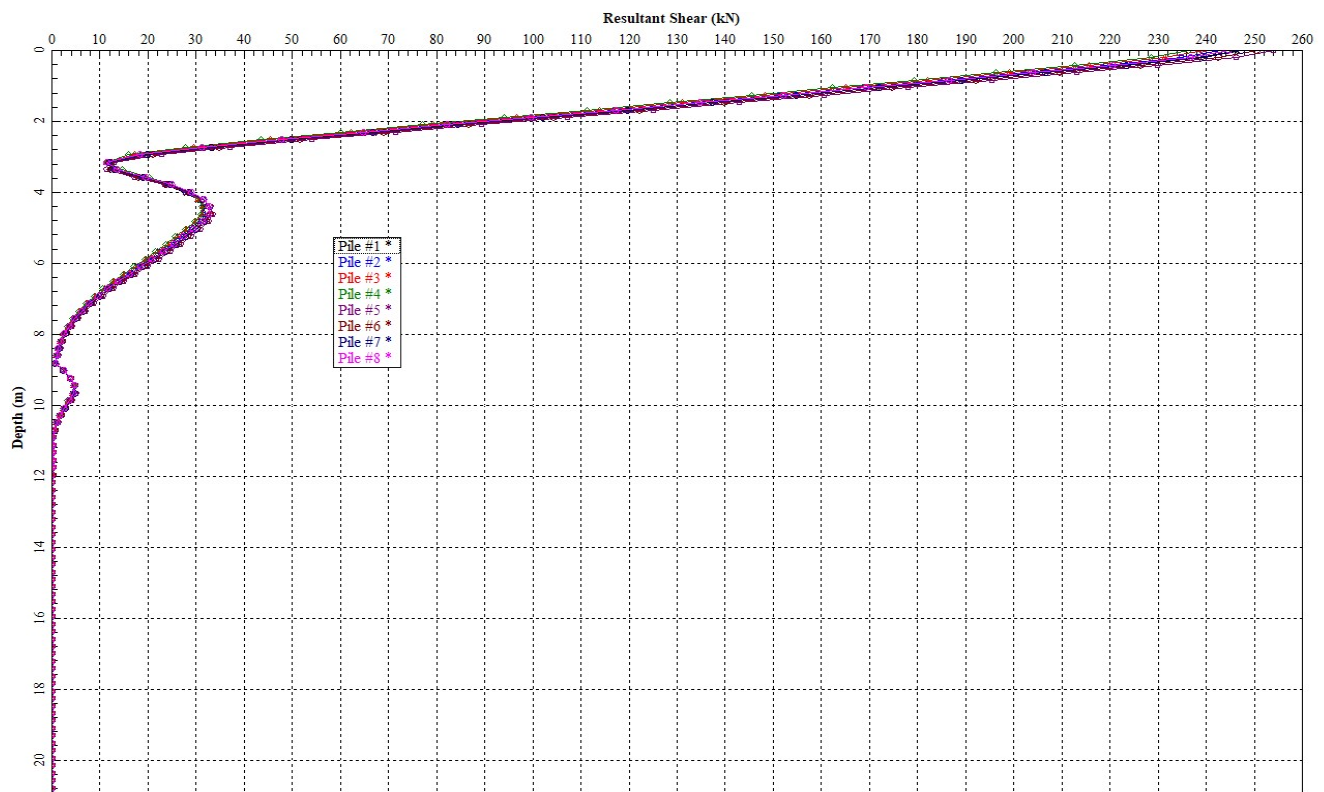


Figura 7.17 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLV16, Tratto Basso.

7.3.3.2 Rampe Tratto Alto

Le sollecitazioni massime del palo sono le seguenti:

COMBINAZIONE	Nmax (kN)	Nmin (kN)	Mmax (kNm)	Vmax (kN)
SLU41	1879	92	258	87
SLV5	1457	-814	400	185
SLV6	1442	-876	380	173
SLV16	1065	-958	415	243

Tabella 7.5 Sollecitazioni massime testa palo Tratto Alto.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

1. Combinazione SLU 41

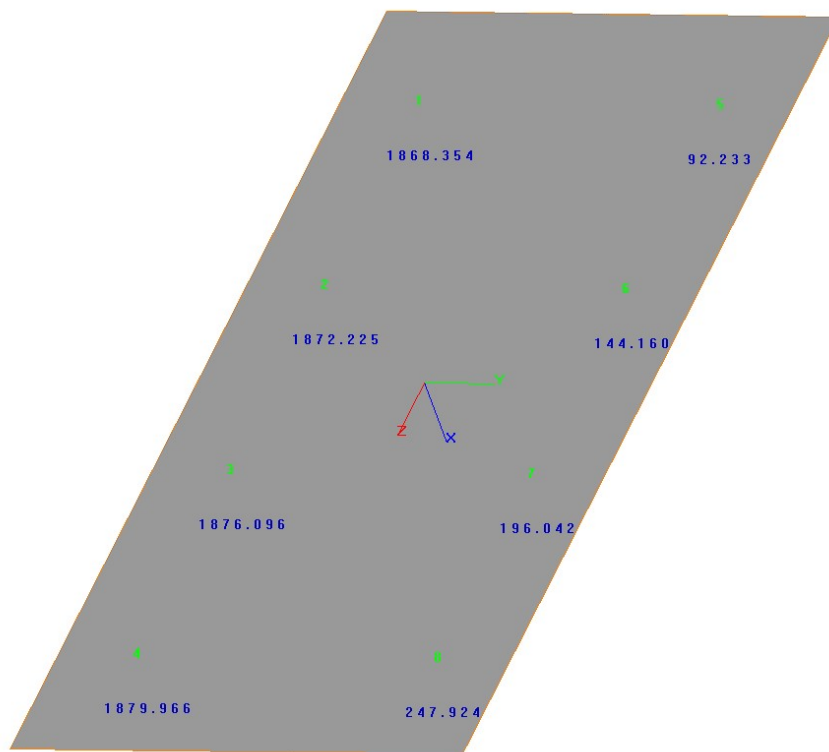


Figura 7.18 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLU41, Tratto Alto.

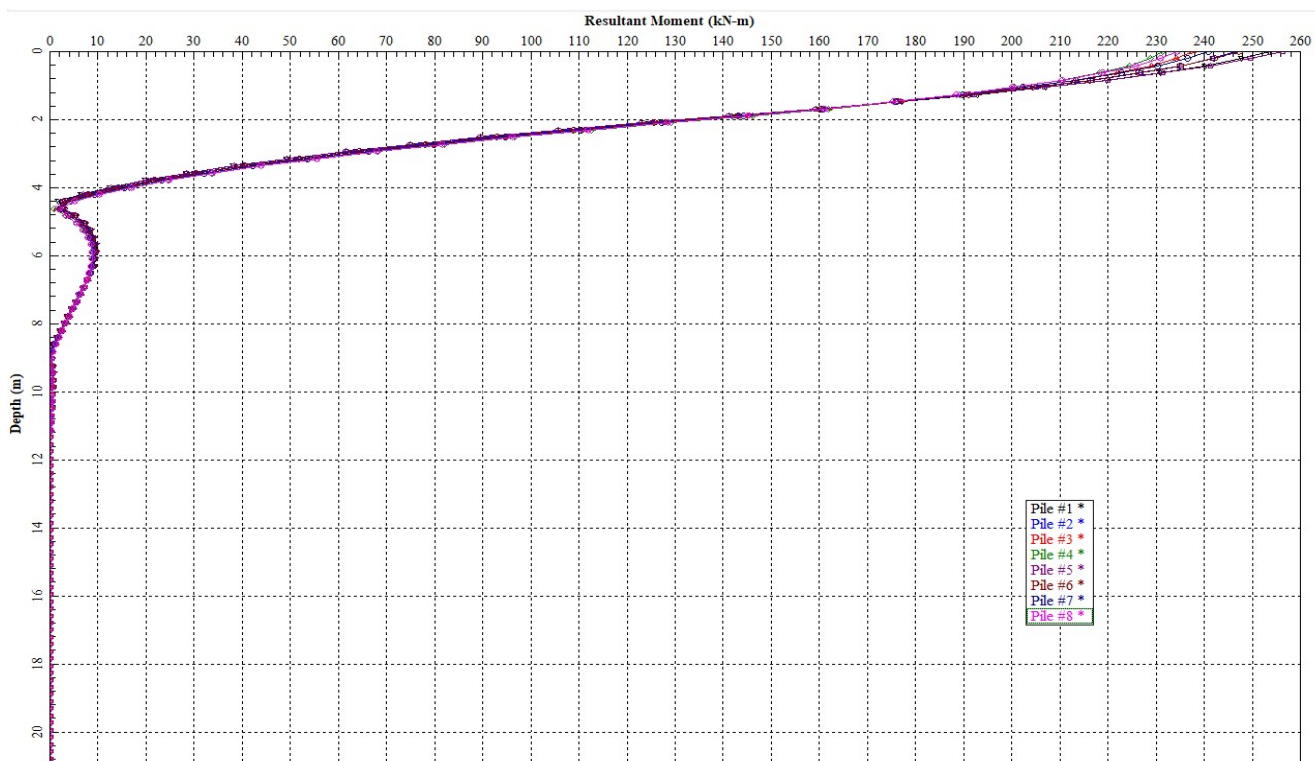


Figura 7.19 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLU41, Tratto Alto.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

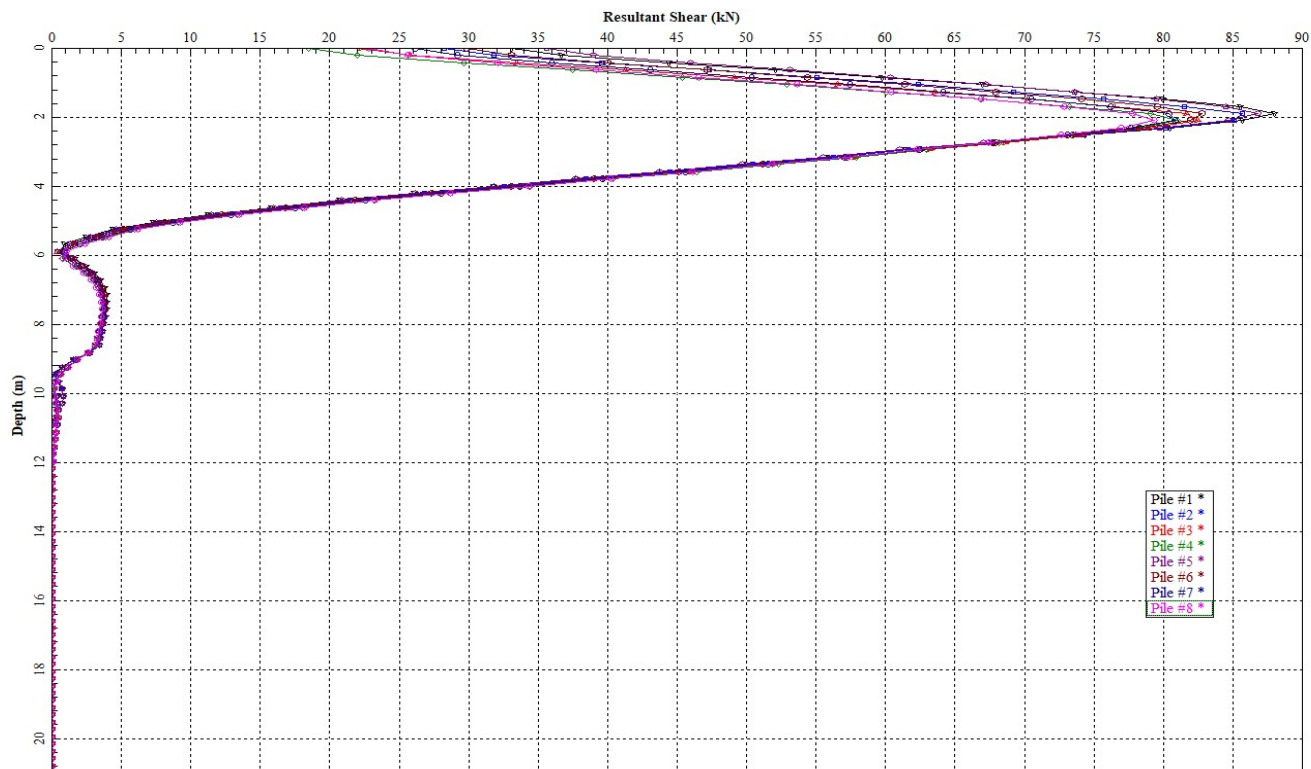


Figura 7.20 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLU41, Tratto Alto.

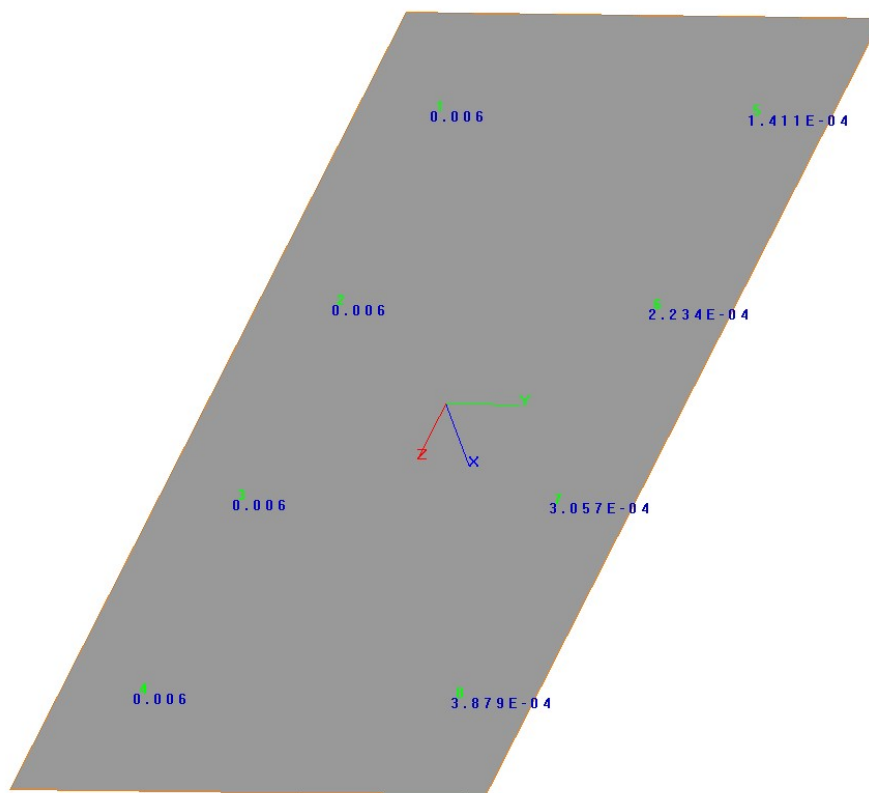


Figura 7.21 Spostamento dei pali in direzione assiale, combinazione SLU41, Tratto Alto.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

2. Combinazione SLV5

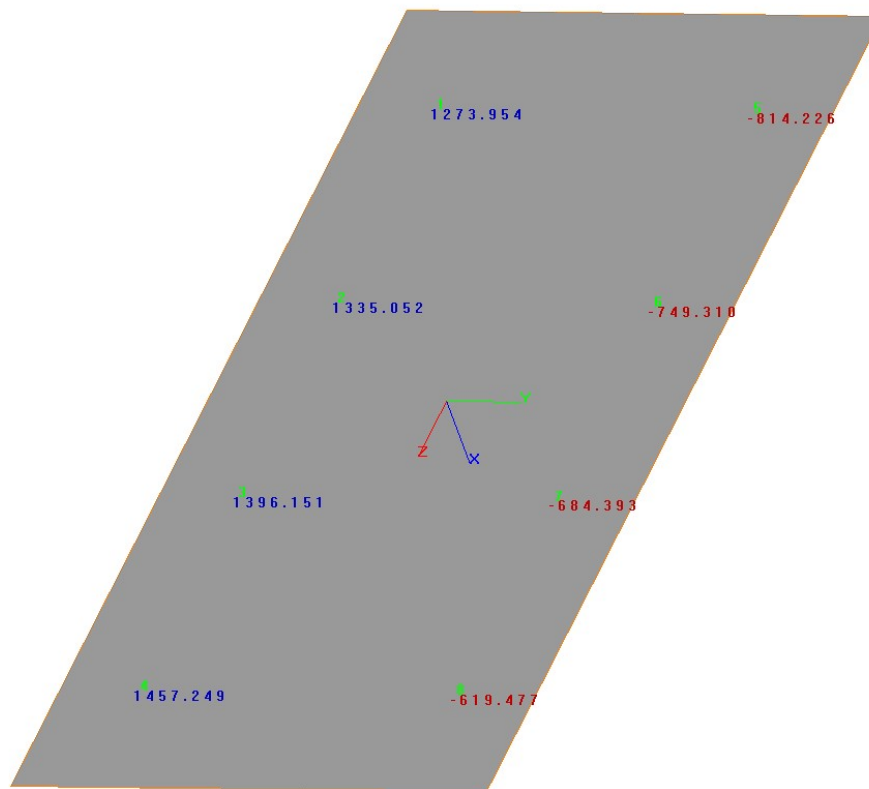


Figura 7.22 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLV5, Tratto Alto.

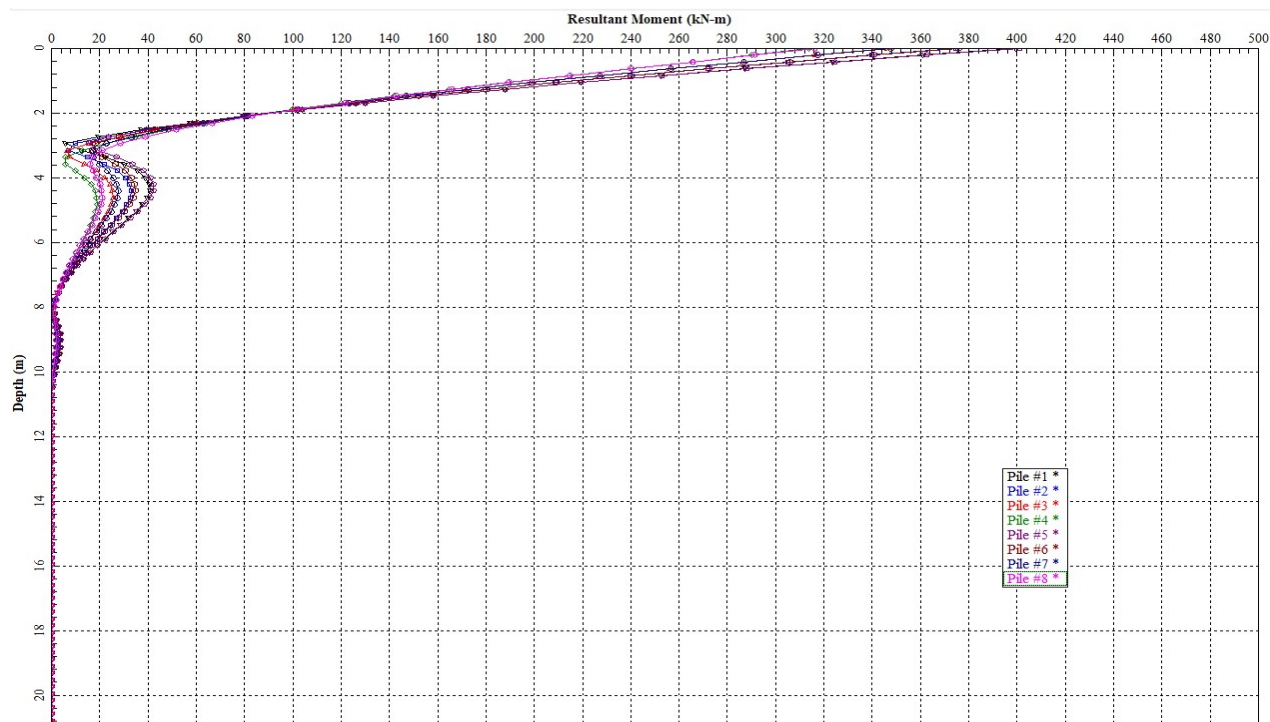


Figura 7.23 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLV5, Tratto Alto.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

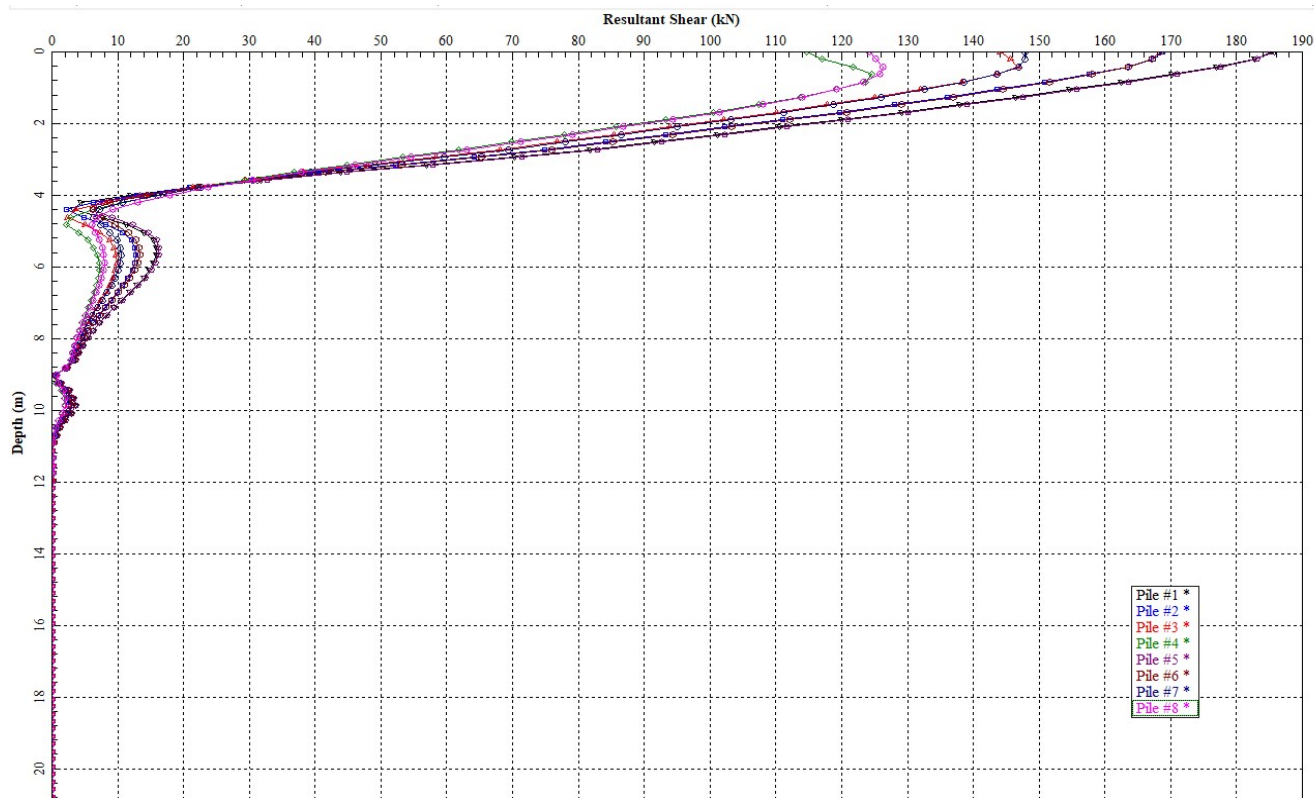


Figura 7.24 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLV5, Tratto Alto.

3. Combinazione SLV6

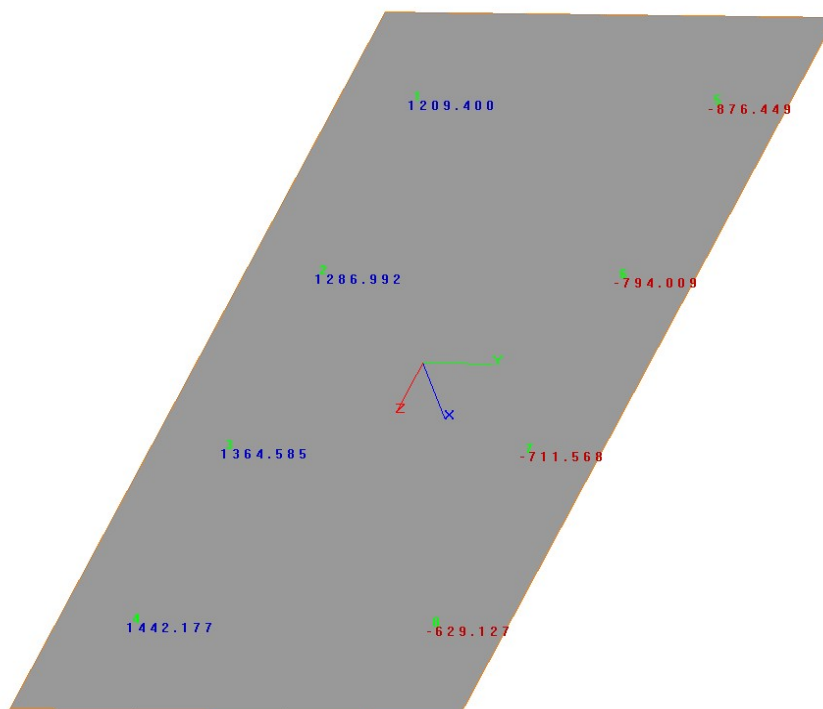


Figura 7.25 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLV6, Tratto Alto.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

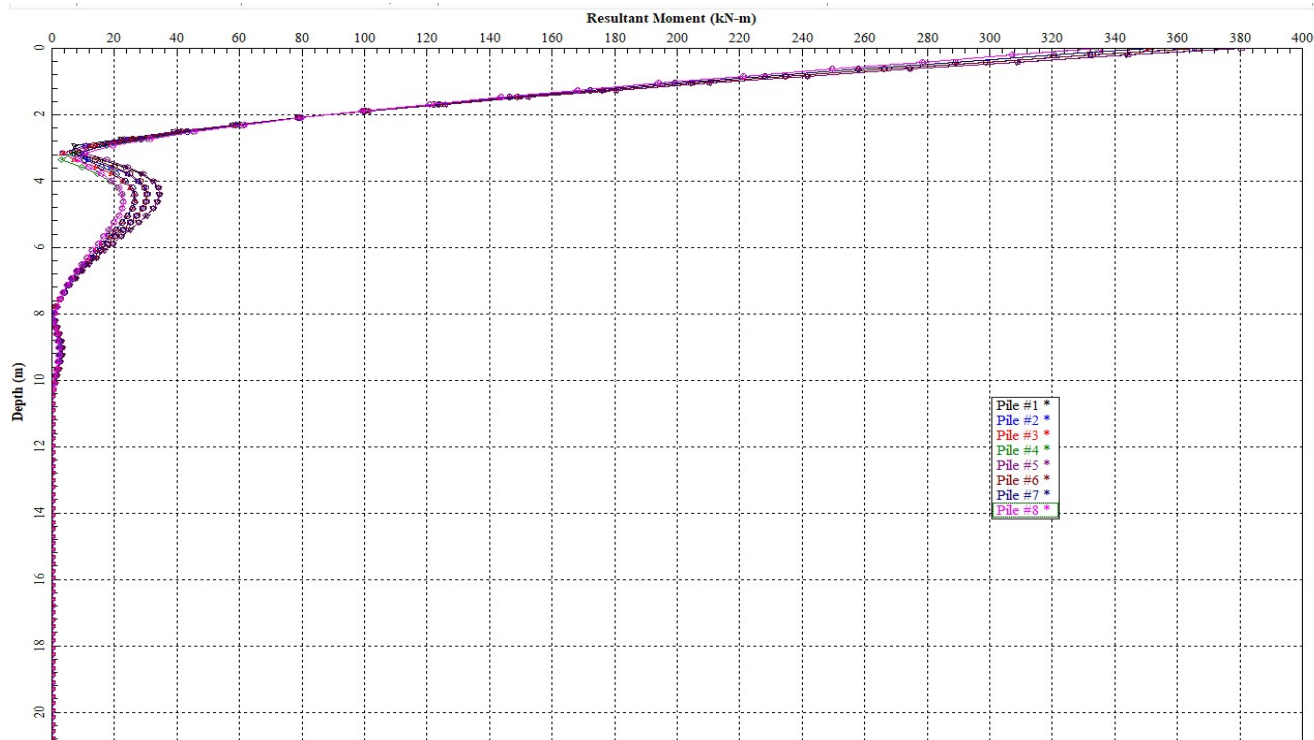


Figura 7.26 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLV6, Tratto Alto.

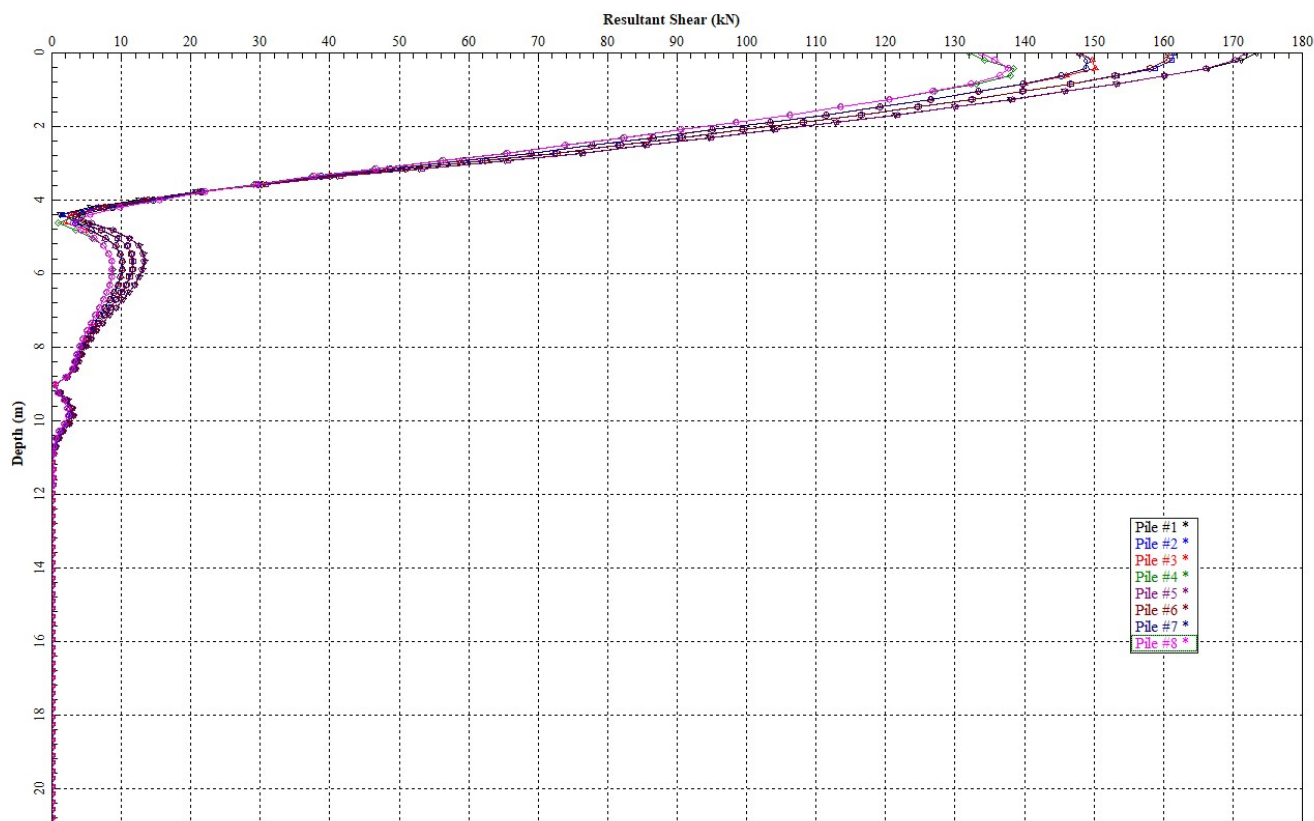


Figura 7.27 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLV6, Tratto Alto.

Intervento:

Viabilità di accesso alla Macroisola
Prima Zona Industriale di Porto Marghera
(C.I. 13755)

Livello progettazione:

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

PARTE GENERALE

G.04.B_Relazione di
calcolo fondazioni

4. Combinazione SLV 16

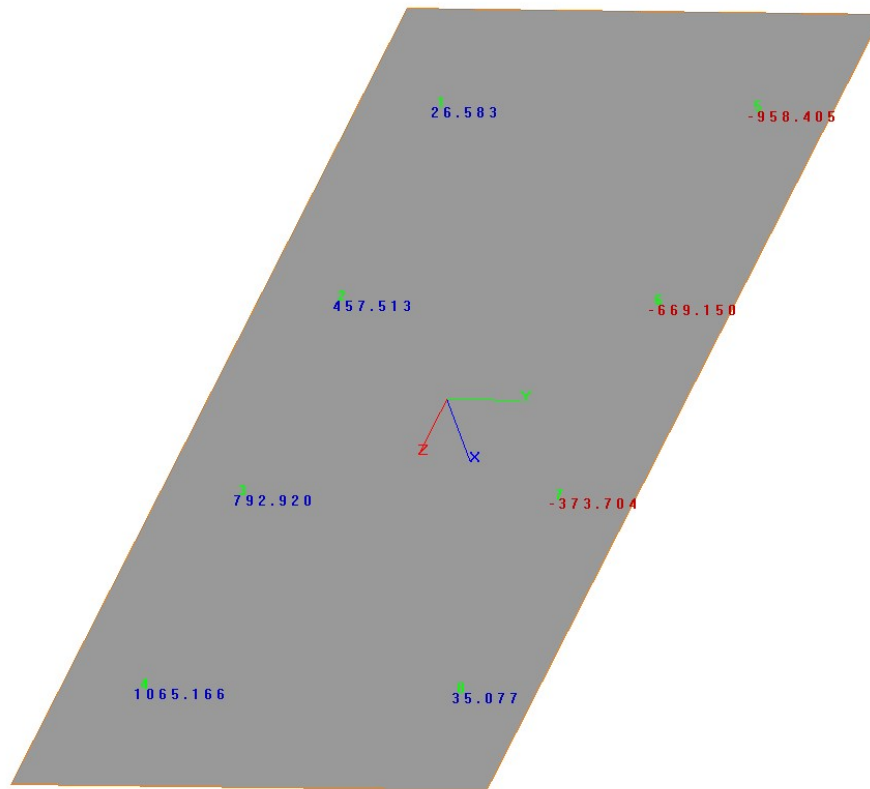


Figura 7.28 Sforzo assiale sulla testa dei pali, combinazione SLV16, Tratto Alto.

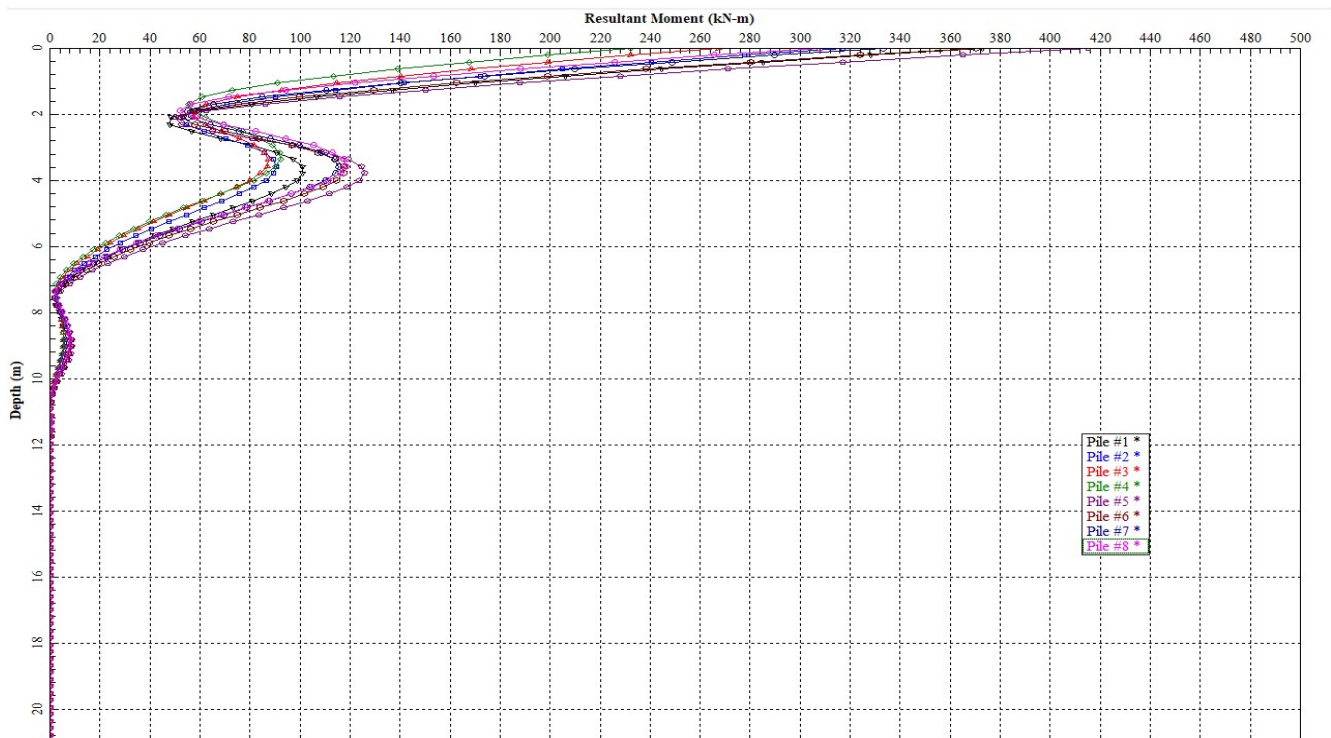


Figura 7.29 Andamento del momento lungo i pali, combinazione SLV16, Tratto Alto.

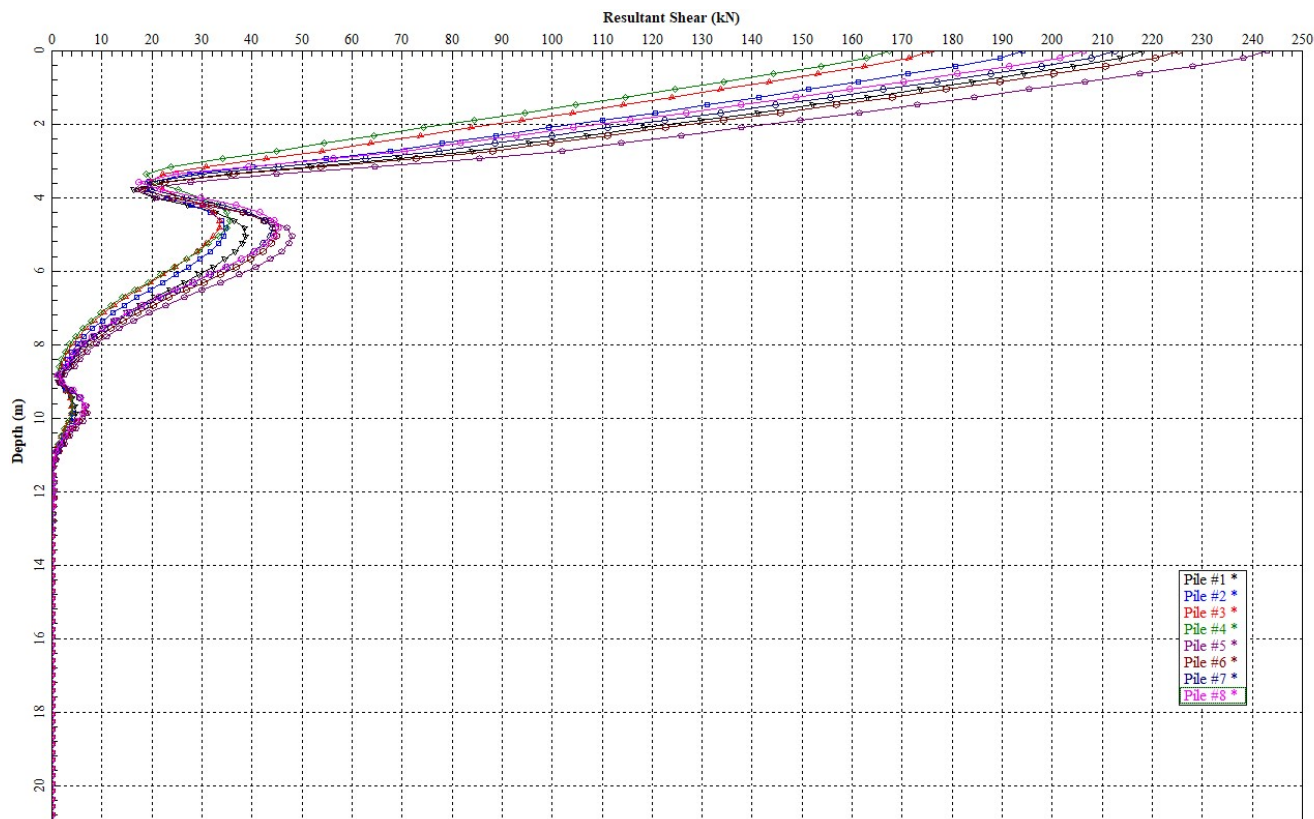


Figura 7.30 Andamento del taglio lungo i pali, combinazione SLV16, Tratto Alto.

7.4 Verifiche geotecniche dei pali

7.4.1 Generalità

La capacità portante di un palo si distingue tra capacità portante laterale e capacità portante di punta. La capacità portante laterale unitaria si calcola attraverso la seguente:

$$q_l = \alpha Cu + k\sigma'_v \tan\varphi'$$

Dove:

- α coefficiente che dipende dal valore di Cu e calcolato secondo le indicazioni contenute nel Viggiani;
- Cu coesione non drenata, parametro rappresentativo dei terreni coesivi;
- k coefficiente tarato sulla base della prova di carico, esso dipende dalla tecnologia di esecuzione del palo e dal grado di addensamento del terreno
- σ'_v tensione litostatica verticale efficace agente a metà dello strato agente;
- $\tan\varphi'$ tangente dell'angolo d'attrito, parametro rappresentativo dei terreni granulari.

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

Per la stima della capacità portante di punta distinguo a seconda che la punta si trovi immersa in terreno granulare o coesivo. Nel caso di punta in terreno granulare si ha la seguente:

$$q_p = N_q \sigma'_v$$

Dove:

- N_q coefficiente che dipende dall'angolo d'attrito del terreno, si segue la teoria di Berezantzev per la stima, per pali infissi. Vista l'entità ridotta dello strato di sabbia in cui è inserita la punta del palo, si utilizza a favore di sicurezza un valore di N_q molto basso, pari a 15, al posto del valore nominale per tale angolo di attrito e profondità, pari a circa 35/40.
- σ'_v tensione litostatica verticale efficace che agisce sul piano orizzontale passante per la punta del palo.

Nel caso di punta in terreno coesivo si ha la seguente:

$$q_p = \sigma_v + N_c C_u$$

Dove:

- σ_v tensione litostatica verticale che agisce sul piano orizzontale passante per la punta del palo
- N_c viene assunto pari a 9.

A seguire i risultati ottenuti per le verticali considerate per il viadotto (cfr. paragrafo 4.2):

7.4.2 Rampa Est (lato Venezia)

CPTU 13		γ medio	(t/mc)	1,9								
		prof. falda	m	2,7								
da	a	diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S	
(m da p.c.)	(m da p.c.)	(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)	
1	5,5	0,62	4,5	5,625	31,5		1,2		8,77	4,13	36,23	
5,5	10,2	0,62	4,7	9,765	34,1		1,2		9,15	7,93	72,58	
10,2	13,2	0,62	3	13,23		4,07		0,8273	5,84	3,37	19,68	
13,2	14,8	0,62	1,6	15,3	27,7		1,2		3,12	9,63	30,02	
14,8	21,8	0,62	7	19,17		7,56		0,5	13,63	3,78	51,54	
21,8	23	0,62	1,2	22,86	29,2		1,2		2,34	15,32	35,81	
PORTATA LATERALE (t) =											245,86	
Profondità testa (m)				1								
Profondità punta (m)				23								
Area di base (mq)				0,30								
Lpalo (m)				22								
Nq				15								
Nc				0								
Cu, punta palo (t/mq)				0								
σ'_v (t/mq)				23,40								
σ_v (t/mq)				43,70								
PORTATA DI PUNTA (t)				105,97								

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

CPTU 14			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	3,8		0,62	2,8	4,86		5,16		0,7074	5,45	3,65	19,91
3,8	10,1		0,62	6,3	8,955	34,3		1,2		12,27	7,33	89,89
10,1	12,7		0,62	2,6	12,96		4,34		0,7976	5,06	3,46	17,53
12,7	14,8		0,62	2,1	15,075	28,1		1,2		4,09	9,65	39,49
14,8	21,8		0,62	7	19,17		7,55		0,5	13,63	3,78	51,47
21,8	23		0,62	1,2	22,86	29,4		1,2		2,34	15,45	36,11

PORTATA LATERALE (t) = 254,39

Profondità testa (m)	1
Profondità punta (m)	23
Area di base (mq)	0,30
Lpalo (m)	22
Nq	15
Nc	0
C _u , punta palo (t/mq)	0
$\sigma'v$ (t/mq)	23,40
σv (t/mq)	43,70
PORTATA DI PUNTA (t)	105,97

BH03			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	3,2		0,62	2,2	4,59		4,2		0,813	4,29	3,41	14,63
3,2	9,8		0,62	6,6	8,55	35,65		1,2		12,86	7,35	94,54
9,8	12,9		0,62	3,1	12,915		4,81		0,7459	6,04	3,59	21,66
12,9	14,4		0,62	1,5	14,985	30,95		1,2		2,92	10,78	31,49
14,4	16,6		0,62	2,2	16,65		6,9		0,516	4,29	3,56	15,26
16,6	18,45		0,62	1,85	18,4725	31		1,2		3,60	13,31	47,96
18,45	20,1		0,62	1,65	20,0475		6,44		0,5666	3,21	3,65	11,73
20,1	21,8		0,62	1,7	21,555		7,56		0,5	3,31	3,78	12,52
21,8	23		0,62	1,2	22,86	29,2		1,2		2,34	15,32	35,81

PORTATA LATERALE (t) = 285,60

Profondità testa (m)	1
Profondità punta (m)	23
Area di base (mq)	0,30
Lpalo (m)	22
Nq	15
Nc	0
C _u , punta palo (t/mq)	0
$\sigma'v$ (t/mq)	23,40
σv (t/mq)	43,70
PORTATA DI PUNTA (t)	105,97

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

In particolare, considerando 3 verticali d'indagine si hanno i seguenti:

$$\xi_3 = 1.60 \quad \xi_4 = 1.48$$

Si riportano i valori dei risultati:

	CPTU 13	CPTU 14	BH03	MEDIA	MIN
				(kN)	(kN)
Qlat	2458,64	2543,94	2855,99	2619,52	2458,64
Qbase	1059,69	1059,69	1059,69	1059,69	1059,69

			COMPRESSIONE		TRAZIONE	
ξ_3	ξ_4	CARATT.	$\gamma R3$	Rd	$\gamma R3$	Rd
(-)	(-)	(kN)	(-)	(kN)	(-)	(kN)
1,6	1,48	1637	1,15	1423,7	1,25	1309,8
1,6	1,48	662	1,15	575,9	(-)	(-)
			Rcd	1999,6	Rtd	1309,8

La verifica di capacità portante a compressione è soddisfatta in quanto:

$$R_{cd} = 1999 \text{ kN} > N_{sd,max} = 1879 \text{ kN}$$

La verifica di capacità portante a trazione è soddisfatta in quanto:

$$R_{td} = 1310 \text{ kN} > N_{sd,max} = 958 \text{ kN}$$

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

7.4.3 Rampa Ovest (lato Mestre)

CPTU 7			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	3,8		0,62	2,8	4,86		6,87		0,5193	5,45	3,57	19,46
3,8	6		0,62	2,2	7,11	32,8		1,2		4,29	5,49	23,55
6	10,1		0,62	4,1	9,945	35,1		1,2		7,99	8,38	66,94
10,1	12,2		0,62	2,1	12,735		5,49		0,6711	4,09	3,68	15,07
12,2	18,8		0,62	6,6	16,65		8,56		0,5	12,86	4,28	55,02
18,8	21,5		0,62	2,7	20,835		8,8		0,5	5,26	4,40	23,14
21,5	22		0,62	0,5	22,275	31,6		1,2		0,97	16,43	16,01

PORTATA LATERALE (t) = 219,18

Profondità testa (m)	1
Profondità punta (m)	22
Area di base (mq)	0,30
Lpalo (m)	21
Nq	15
Nc	0
C _u , punta palo (t/mq)	0
$\sigma'v$ (t/mq)	22,50
σv (t/mq)	41,80
PORTATA DI PUNTA (t)	101,89

CPTU 8			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	2		0,62	1	2,85	34,6		1,2		1,95	2,36	4,59
2	3,5		0,62	1,5	5,175		5		0,725	2,92	3,63	10,59
3,5	6,4		0,62	2,9	7,155	32,8		1,2		5,65	5,53	31,24
6,4	9,9		0,62	3,5	10,035	34,6		1,2		6,82	8,30	56,60
9,9	12,2		0,62	2,3	12,645		3		0,945	4,48	2,84	12,70
12,2	14,4		0,62	2,2	14,67	28,1		1,2		4,29	9,39	40,25
14,4	21,7		0,62	7,3	18,945		6,59		0,5501	14,22	3,63	51,55
21,7	22		0,62	0,3	22,365	29,5		1,2		0,58	15,17	8,87

PORTATA LATERALE (t) = 216,38

Profondità testa (m)	1
Profondità punta (m)	22
Area di base (mq)	0,30
Lpalo (m)	21
Nq	15
Nc	0
C _u , punta palo (t/mq)	0
$\sigma'v$ (t/mq)	22,50
σv (t/mq)	41,80
PORTATA DI PUNTA (t)	101,89

Intervento:	Livello progettazione:	Elaborato:
Viabilità di accesso alla Macroisola Prima Zona Industriale di Porto Marghera (C.I. 13755)	PROGETTO ESECUTIVO	PARTE GENERALE G.04.B_Relazione di calcolo fondazioni

CPTU 8			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	2,9		0,62	1,9	4,455	31,6		1,2		3,70	3,29	12,16
2,9	3,8		0,62	0,9	5,715		4,16		0,8174	1,75	3,40	5,96
3,8	6,4		0,62	2,6	7,29	31,6		1,2		5,06	5,38	27,24
6,4	9,8		0,62	3,4	9,99	34,3		1,2		6,62	8,17	54,12
9,8	12,8		0,62	3	12,87		5,48		0,6722	5,84	3,68	21,52
12,8	14,2		0,62	1,4	14,85	28,8		1,2		2,73	9,79	26,70
14,2	21,5		0,62	7,3	18,765		8,4		0,5	14,22	4,20	59,72
21,5	22		0,62	0,5	22,275	29,9		1,2		0,97	15,36	14,96
PORTATA LATERALE (t) =											222,39	
Profondità testa (m)					1							
Profondità punta (m)					22							
Area di base (mq)					0,30							
Lpalo (m)					21							
Nq					15							
Nc					0							
C _u , punta palo (t/mq)					0							
$\sigma'v$ (t/mq)					22,50							
σv (t/mq)					41,80							
PORTATA DI PUNTA (t)					101,89							
S02			γ medio	(t/mc)	1,9							
			prof. falda	m	2,7							
da	a		diametro	L tratto	σ'	ϕ	cu	K	α	A laterale	s	S
(m da p.c.)	(m da p.c.)		(m)	(m)	(t/mq)	(°)	(t/mq)	(-)	(-)	(mq)	(t/mq)	(t)
1	3,8		0,62	2,8	4,86		7,83		0,5	5,45	3,92	21,35
3,8	9,8		0,62	6	8,82	33,42		1,2		11,69	6,98	81,57
9,8	13,5		0,62	3,7	13,185		5,43		0,6777	7,21	3,68	26,52
13,5	14		0,62	0,5	15,075	31,72		1,2		0,97	11,17	10,88
14	21,7		0,62	7,7	18,765		5,82		0,6348	15,00	3,69	55,41
21,7	22		0,62	0,3	22,365	29,5		1,2		0,58	15,17	8,87
PORTATA LATERALE (t) =											204,60	
Profondità testa (m)					1							
Profondità punta (m)					22							
Area di base (mq)					0,30							
Lpalo (m)					21							
Nq					15							
Nc					0							
C _u , punta palo (t/mq)					0							
$\sigma'v$ (t/mq)					22,50							
σv (t/mq)					41,80							
PORTATA DI PUNTA (t)					101,89							