

**AUTOSTRADA A1 MILANO - NAPOLI**  
da progr. km 585+000 a progr. km 588+000

**PIANO DI RISANAMENTO ACUSTICO**  
**AI SENSI DELLA LEGGE QUADRO n. 447/95**

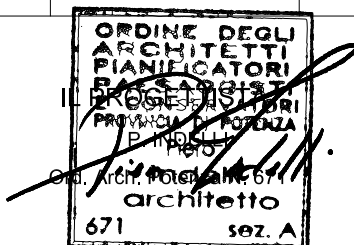
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**MACROINTERVENTO 145**  
**COMUNE DI VALMONTONE**

**GEOLOGIA E GEOTECNICA**

Titolo Elaborato

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI**

Commessa	Codice Elaborato	Rev	Scala	Data
0I286	GEO-101	1	-	04-2017



Rev	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato
0	EMISSIONE	04-2017	A.FABBRI	E.PAMPANA	P. INDELLI	R. TURRI
1	VERIFICA AI FINI DELLA VALIDAZIONE DLGS 50/2016 E DPR 207/2010	05-2017	A.FABBRI	E.PAMPANA	P. INDELLI	R. TURRI
2						
3						

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI  
DA PROG. KM 585+000 A PROG. KM 588+000**

**MACROINTERVENTO 145  
COMUNE DI VALMONTONE**

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI**

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>DOCUMENTAZIONE, NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
2.1	DOCUMENTAZIONE.....	8
2.2	NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI.....	8
2.3	BIBLIOGRAFIA.....	9
<b>3.</b>	<b>SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>MATERIALI .....</b>	<b>12</b>
4.1	CALCESTRUZZO.....	12
4.2	ACCIAIO .....	12
4.3	RESINE PER INGHISAGGI .....	12
<b>5.</b>	<b>TIPOLOGIE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>13</b>
<b>6.</b>	<b>CRITERI GENERALI DELLE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI .....</b>	<b>16</b>
6.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	16
6.1.1	AZIONI .....	17
6.1.2	RESISTENZE .....	17
6.2	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO (SLE) .....	18
<b>7.</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>19</b>
7.1	AZIONI SULLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE E COMBINAZIONI DI CARICO .....	19
7.2	AZIONI SULLA STRUTTURA IN FONDAZIONE .....	22
<b>8.</b>	<b>METODI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE .....</b>	<b>23</b>
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	23
8.2	VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI ALLO SLU .....	23
8.2.1	STIMA DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEL SINGOLO PALO .....	24
8.2.1.1	Portata unitaria di base .....	25
8.2.1.2	Attrito laterale.....	26
8.3	VERIFICA DEI PALI AI CARICHI TRASVERSALI ALLO SLU.....	28
8.4	VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE.....	28
8.4.1	CALCOLO DEL MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO .....	28
8.5	VERIFICA STRUTTURALE PER SOLLECITAZIONI FLESSIONALI .....	30

<b>8.6</b>	<b>VERIFICA STRUTTURALE PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI .....</b>	<b>30</b>
<b>8.7</b>	<b>VERIFICA A FESSURAZIONE.....</b>	<b>30</b>
<b>9.</b>	<b>SEZIONI DI VERIFICA .....</b>	<b>33</b>
<b>10.</b>	<b>VERIFICHE DEL PLINTO SU MONOPALO .....</b>	<b>34</b>
	<b>10.1 CASO 2BIS BARRIERA TRADIZIONALE DI BORDO <math>H=3.50M</math>, INTERASSE MONTANTI <math>4.00M</math></b>	
	<b>(INT. 2Sg SEZ. 7).....</b>	<b>36</b>
10.1.1	AZIONI DI VERIFICA .....	36
10.1.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	38
10.1.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	40
10.1.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	42
10.1.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	42
10.1.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR).....	42
10.1.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	43
10.1.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	43
10.1.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	44
	<b>10.2 CASO 10BIS BARRIERA TRADIZIONALE CORRENTE <math>H=6.00M</math>, INTERASSE MONTANTI</b>	
	<b><math>4.00M</math> (INT. 1Nd SEZ. 1).....</b>	<b>46</b>
10.2.1	AZIONI DI VERIFICA .....	46
10.2.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	48
10.2.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	51
10.2.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	52
10.2.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	52
10.2.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR).....	52
10.2.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	53
10.2.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	53
10.2.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	54
	<b>10.3 CASO 12 BARRIERA TRADIZIONALE CORRENTE <math>H=7.00M</math>, INTERASSE MONTANTI <math>4.00M</math></b>	
	<b>(INT. 3Nc SEZ. 15).....</b>	<b>56</b>
10.3.1	AZIONI DI VERIFICA .....	56
10.3.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	58
10.3.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	61
10.3.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	62
10.3.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	62
10.3.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR).....	62
10.3.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	63
10.3.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	63
10.3.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	64
	<b>10.4 VERIFICA STRUTTURALE DEL PLINTO .....</b>	<b>66</b>



<b>10.5 RIEPILOGO FONDAZIONI PLINTO SU PALO SINGOLO.....</b>	<b>68</b>
<b>11. VERIFICHE DEL CORDOLO SU PALI PER BARRIERA TRADIZIONALE</b>	<b>73</b>
<b>11.1 INTERVENTO 1Nb MONTANTI 1-34, 1Na_1 MONTANTI 34-36, 1Na_2 MONTANTI 1-473</b>	
11.1.1 AZIONI DI VERIFICA.....	73
11.1.1 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	75
11.1.2 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	79
11.1.3 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	81
11.1.3.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	81
11.1.3.2 Verifica a taglio (SLU-STR).....	81
11.1.3.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	82
11.1.3.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	82
11.1.4 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	83
11.1.5 VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO.....	84
<b>11.2 INTERVENTO 1Nc MONTANTI 21-26 .....</b>	<b>88</b>
11.2.1 AZIONI DI VERIFICA.....	88
11.2.2 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	90
11.2.3 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	94
11.2.4 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	96
11.2.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	96
11.2.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR).....	96
11.2.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	97
11.2.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	97
11.2.5 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	98
11.2.6 VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO.....	99
<b>11.3 INTERVENTO 1Sf_1 MONTANTI 24-28 E INTERVENTO 1Sf_2 MONTANTI 1-5 .....</b>	<b>103</b>
11.3.1 AZIONI DI VERIFICA.....	103
11.3.1 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	105
11.3.2 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	108
11.3.3 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	110
11.3.3.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	110
11.3.3.2 Verifica a taglio (SLU-STR).....	110
11.3.3.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	111
11.3.3.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	111
11.3.4 VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	112
11.3.5 VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO.....	113
<b>11.4 INTERVENTO 2Sc SEZ.36.....</b>	<b>117</b>
11.4.1 AZIONI DI VERIFICA.....	117
11.4.2 VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	119

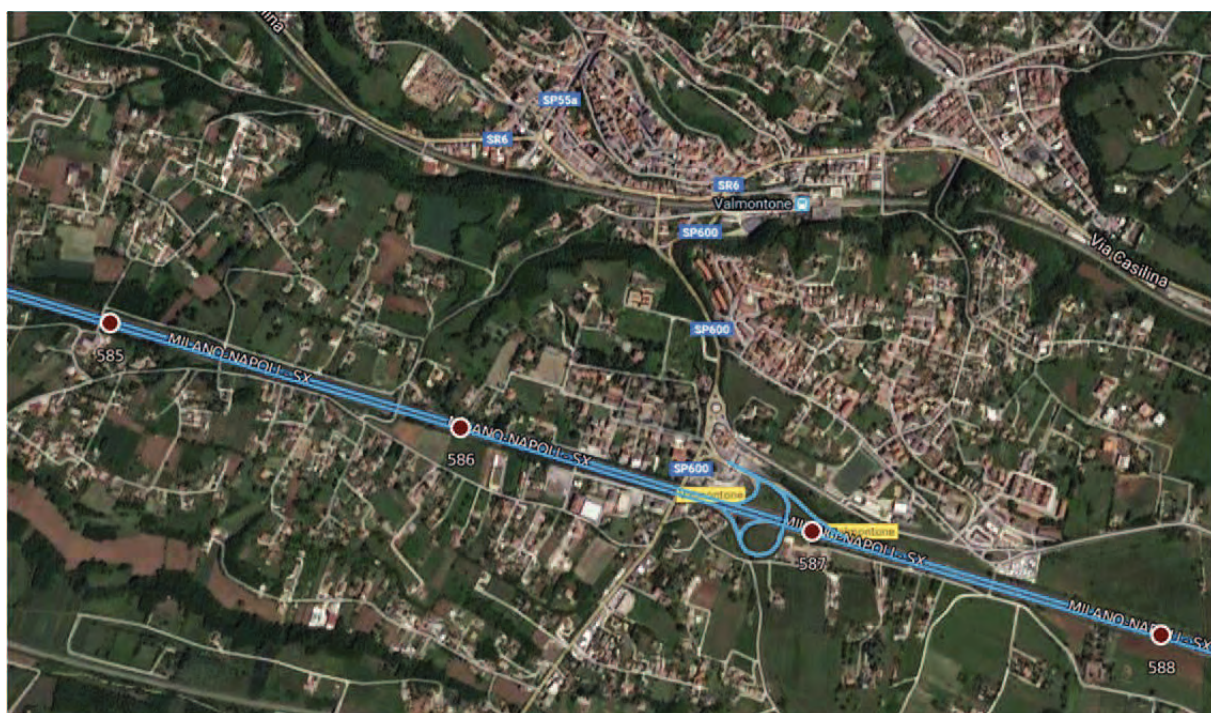
11.4.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	122
11.4.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE .....	124
11.4.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	124
11.4.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR) .....	124
11.4.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	125
11.4.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR) .....	125
11.4.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	126
11.4.1	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO .....	128
<b>11.6</b>	<b>RIEPILOGO FONDAZIONI CORDOLI SU PALI PER BARRIERA TRADIZIONALE .....</b>	<b>132</b>
<b>12.</b>	<b>VERIFICHE DEL CORDOLO SU PALI PER BARRIERA INTEGRATA</b>	<b>133</b>
<b>12.1</b>	<b>INTERVENTO 1Ne H=5.00M .....</b>	<b>133</b>
12.1.1	AZIONI DI VERIFICA .....	133
12.1.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	135
12.1.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	138
12.1.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE .....	139
12.1.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	139
12.1.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR) .....	140
12.1.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	140
12.1.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR) .....	141
12.1.5	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO .....	142
<b>12.2</b>	<b>RIEPILOGO FONDAZIONI CORDOLO SU PALI PER BARRIERA INTEGRATA .....</b>	<b>146</b>
<b>13.</b>	<b>VERIFICHE DELLE TRAVI DI SCAVALCO IN CALCESTRUZZO .....</b>	<b>147</b>
<b>13.1</b>	<b>INTERVENTO 1Na2 L=8.00M .....</b>	<b>147</b>
13.1.1	AZIONI DI VERIFICA .....	147
13.1.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	149
13.1.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	153
13.1.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE .....	155
13.1.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	155
13.1.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR) .....	155
13.1.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	156
13.1.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR) .....	156
13.1.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	157
13.1.6	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO .....	158
<b>13.2</b>	<b>INTERVENTO 3Nd L=12.00M .....</b>	<b>162</b>
13.2.1	AZIONI DI VERIFICA .....	162
13.2.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	165
13.2.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	169
13.2.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE .....	171

13.2.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	171
13.2.4.2	Verifica a taglio (SLU-STR).....	171
13.2.4.3	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	172
13.2.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	172
13.2.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	173
13.2.6	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO.....	174
<b>13.3</b>	<b>RIEPILOGO FONDAZIONI TRAVI DI SCAVALCO IN CALCESTRUZZO .....</b>	<b>178</b>
<b>14.</b>	<b>VERIFICHE DELLE TRAVI DI SCAVALCO IN ACCIAIO .....</b>	<b>179</b>
<b>14.1</b>	<b>INTERVENTO 1ND .....</b>	<b>179</b>
14.1.1	AZIONI DI VERIFICA .....	179
14.1.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	181
14.1.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	184
14.1.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	186
14.1.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	186
14.1.4.2	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	187
14.1.4.3	Verifica a taglio (SLU-STR).....	188
14.1.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	188
14.1.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	190
14.1.6	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO.....	192
<b>14.2</b>	<b>INTERVENTO 2SA .....</b>	<b>196</b>
14.2.1	AZIONI DI VERIFICA .....	196
14.2.2	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI ASSIALI (SLU-GEO) .....	198
14.2.3	VERIFICA GEOTECNICA DI RESISTENZA AI CARICHI TRASVERSALI (SLU-GEO) .....	201
14.2.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PALO DI FONDAZIONE.....	203
14.2.4.1	Verifica a presso-flessione (SLU-STR) .....	203
14.2.4.2	Verifica delle tensioni (SLE-STR) .....	204
14.2.4.3	Verifica a taglio (SLU-STR).....	205
14.2.4.4	Verifica di fessurazione (SLE-STR).....	205
14.2.5	VERIFICA DI DEFORMABILITÀ DEL COMPLESSO ELEVAZIONE-FONDAZIONE (SLE) .....	206
14.2.6	VERIFICA STRUTTURALE DEL CORDOLO.....	208
<b>14.3</b>	<b>RIEPILOGO FONDAZIONI TRAVI DI SCAVALCO IN ACCIAIO .....</b>	<b>212</b>

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione sono contenuti i calcoli di dimensionamento e verifica delle strutture di fondazione delle opere di mitigazione acustica (previste dal piano di risanamento ai sensi della Legge Quadro n°447/95) del tratto di Autostrada A1 Milano-Napoli da prog. km 585+000 a prog. km 588+000 ed identificato come Macrointervento 145.

Il tratto di autostrada interessato dagli interventi si trova nel Comune di Valmontone (RM).



Il dimensionamento e la verifica delle opere di fondazione viene effettuato secondo quanto prescritto dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14 Gennaio 2008, G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008), con il metodo semiprobabilistico degli Stati Limite.

## **2. DOCUMENTAZIONE, NORMATIVE E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO**

### **2.1 DOCUMENTAZIONE**

Nella stesura della relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

Autostrade per l'Italia S.p.A., Autostrada A1 Milano-Napoli da progr. km 585+000 a progr. km 588+000. Piano di Risanamento acustico ai sensi della legge quadro 447/95. Progetto Esecutivo. Relazione geotecnica di caratterizzazione

Autostrade per l'Italia, Autostrada A1 Milano-Napoli da progr. km 585+000 a progr. km 588+000. Piano di risanamento acustico ai sensi della legge quadro 447/95. Progetto Esecutivo. Planimetria con ubicazione indagini e profilo geotecnico in scala 1:2000/1:200

Autostrade per l'Italia S.p.A., Autostrada A1 Milano-Napoli da progr. km 585+000 a progr. km 588+000. Piano di Risanamento acustico ai sensi della legge quadro 447/95. Progetto Esecutivo. Relazione di calcolo delle strutture in elevazione.

### **2.2 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI**

Decreto Ministeriale (Infrastrutture) 14 Gennaio 2008 (NTC2008): "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008)

Circolare 02 Febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.: "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008"

Legge 2 Febbraio 1974, n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Legge 5 Novembre 1971, n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Circolare Ministero LLPP del 14 Febbraio 1974, n. 11951: "Applicazione della Legge 5 novembre 1971, n. 1086"

Decreto Ministeriale n. 47 (11/3/1988): "Norme Tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce; i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"

Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81: "Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"



## 2.3 BIBLIOGRAFIA

1. BRINCH-HANSEN, J. [1961] - *"A General Formula for Bearing Capacity"* - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.11, Copenhagen.
2. BRINCH-HANSEN, J. [1970] - *"A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity"* - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.
3. BUSTAMANTE M. & DOIX B. (1985) - *"Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés"* Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov.-déc., ref. 3047
4. BUSTAMANTE M., GIANESELLI L. [1982] - *"Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT"* -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.
5. BOWLES J.E. [1991] - *"Fondazioni – Progetto e Analisi"* - Editore McGraw-Hill
6. BOSCARDIN M. & CORDING E. [1989] *"Building settlement due to excavation induced settlement"* ASCE J. Geotech. Eng. 115 No. 1
7. DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - *"Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface"*. 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.
8. JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - *"Scale effects of ultimate pile capacity"* - Discussion, JGED, ASCE.
9. LANCELLOTTA R. [1991] *"Geotecnica"* – Edizioni Zanichelli.
10. MEYERHOF, G.G. [1951] - *"The Ultimate Bearing Capacity of Foundations"* - Geotechnique, 2, 301-332.
11. MEYERHOF, G.G. [1951] - *"Some recent research on the bearing capacity of foundations"* - Canadian Geotechnical Journal, 1, 16-26
12. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - *"Bearing capacity of piles in layered soils. Part 1. Clay overlying sand"* - Canadian Geotechnical Journal, 15, 171-182, 183-189.
13. POULOS H.G., DAVIS E.H. (1980) *"Analisi e progettazione di fondazioni su pali"*, Dario Flaccovio Editore, Palermo
14. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - *"Drilled shaft manual"* - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1
15. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - *"Analysis of laterally loaded piles in sand"* – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.
16. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - *"Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay"* – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.

17. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - *"Lateral loading of deep foundations in stiff clay"* - *Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proceedings Paper 11456, 1975, pp. 633 - 649.*
18. SKEMPTON, A. W. [1951] - *"The bearing capacity of clays"* - *Building Research Congress, London, 1, 180-189.*
19. TANZINI M., [2004] - *"Micropali e pali di piccolo diametro"* - *Collana di Geotecnica e Ingegneria Geotecnica* - Dario Flaccovio Editore
20. TOMLINSON M.J., (1994) *"Pile design and construction practice"*, Fourth edition, Taylor & Francis, Abingdon, Oxon
21. VESIC, A.S. [1970] - *"Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site"* - *JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.*
22. VESIC, A.S. [1973] - *"Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations"*. - *JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.*
23. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - *"Laterally loaded Behavior of drilled shafts"* - Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway AD.M.inistration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.

### 3. SOFTWARE DI CALCOLO

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici **Microsoft ® Office Excel**.

Per la realizzazione dei modelli strutturali agli elementi finiti si ricorre al software di modellazione FEM **Straus7**.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si ricorre a "**VCASLU**" (ver. 7.7 del 30 Agosto 2011), sviluppato dal Prof. Piero Gelfi. Il programma consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo Stato Limite Ultimo che con il Metodo n e permette inoltre di tracciare il domino M-N.



## 4. MATERIALI

Nel presente capitolo si riepilogano i materiali impiegati per la realizzazione delle diverse opere successivamente descritte. Per maggiori informazioni si faccia riferimento alla "Relazione sui materiali".

### 4.1 CALCESTRUZZO

Si assume che le varie parti siano realizzate con le classi di calcestruzzo di seguito indicate:

MAGRONE.....	C12/15
PALI DI FONDAZIONE .....	C25/30
PLINTI, CORDOLI DI FONDAZIONE E MURI .....	C28/35
RIQUALIFICA OPERE D'ARTE E RIPRISTINI .....	C32/40

### 4.2 ACCIAIO

Si assume che le varie parti siano realizzate con i seguenti tipi di acciaio:

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	B450C
ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE .....	S275 J0W
TUBI PER MICROPALI .....	S355 JR
BULLONI / DADI .....	Classe 8.8 / 8
ROSETTE .....	C50

### 4.3 RESINE PER INGHISAGGI

Si assume che gli inghisaggi delle barre filettate (per barriere integrate e di sicurezza) e delle barre di armatura post-installate vengano effettuati con le seguenti resine:

BARRE FILETTATE BARRIERE INTEGRATE .....	HIT-HY 200-A
BARRE FILETTATE BARRIERE DI SICUREZZA.....	HIT-RE 500-SD
BARRE D'ARMATURA .....	HIT-RE 500-SD

## 5. TIPOLOGIE DI FONDAZIONE

In relazione all'inserimento della barriera antirumore nel corpo autostradale sono state individuate le seguenti tipologie di fondazione:

- Plinto su palo singolo Ø600 mm (cfr. **Figura 5.1**);
- Cordolo su pali Ø600 mm per barriera integrata (cfr. **Figura 5.2**);
- Cordolo su pali per barriera tradizionale con sbraccio (cfr. **Figura 5.3**);
- Trave di scavalco in cls o acciaio su cordolo su pali Ø600 mm in corrispondenza di interferenze (cfr. **Figura 5.4** e **Figura 5.5**).

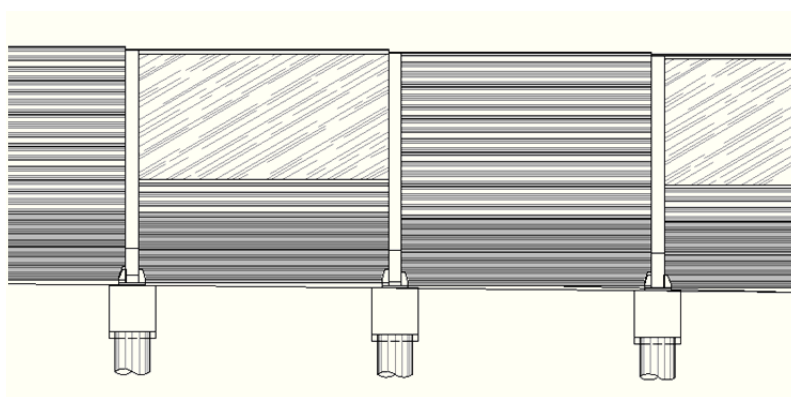
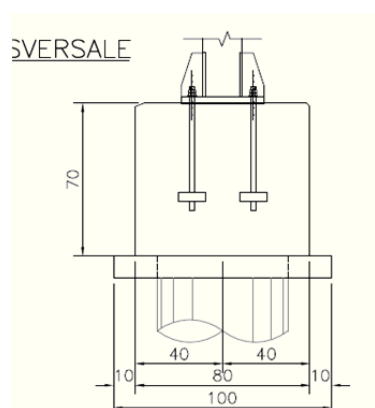


Figura 5.1 - Plinto su monopalo

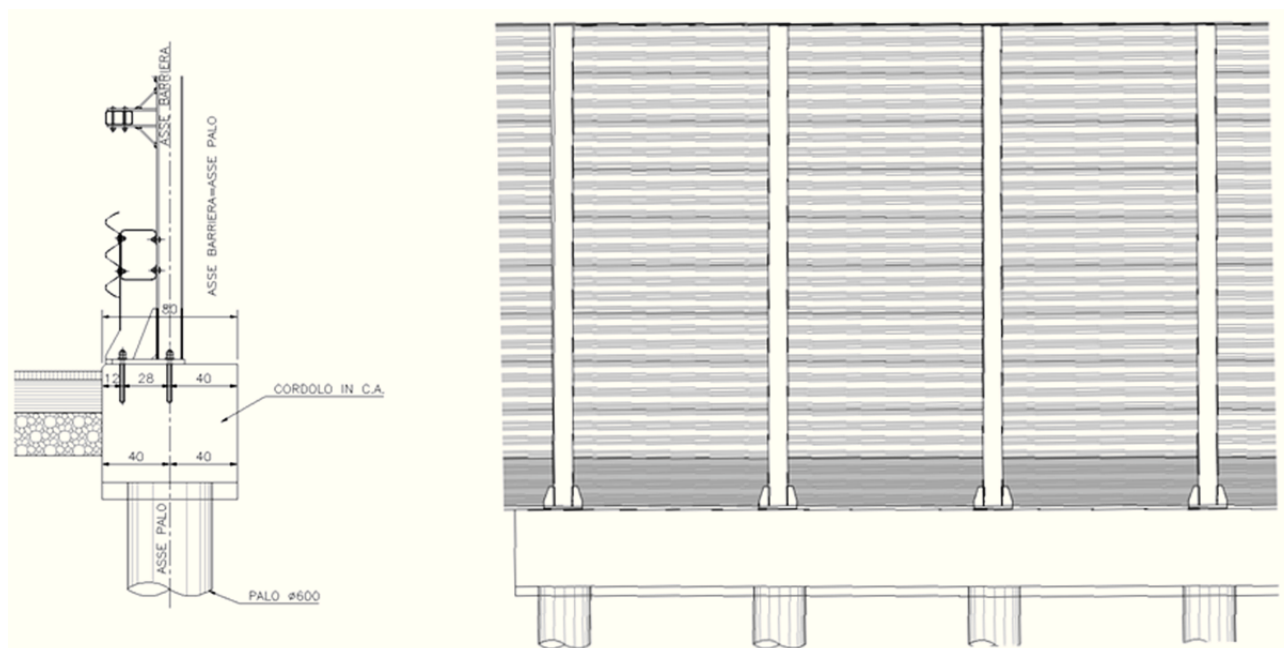


Figura 5.2 – Cordolo su pali per barriera integrata

Figura 5.3 – Cordolo su pali per barriera tradizionale con sbraccio

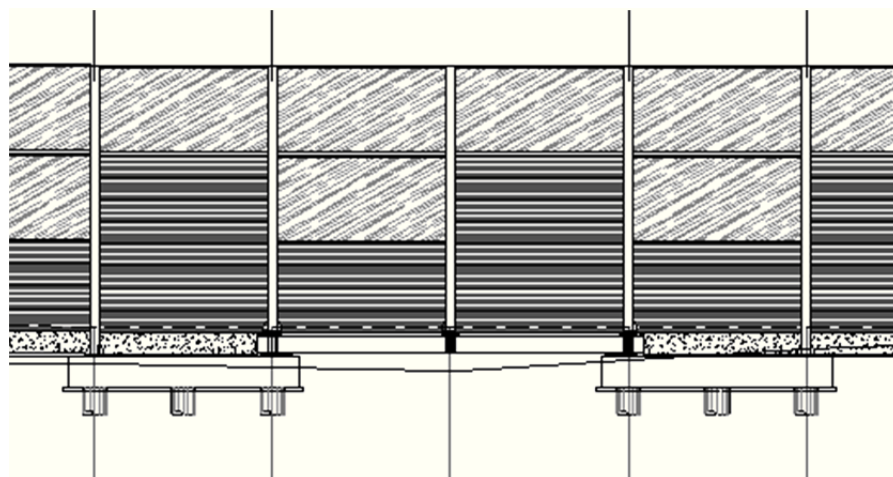
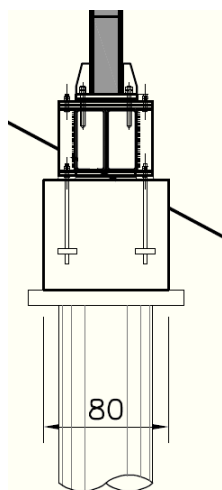


Figura 5.4 – Cordolo su pali e travi di scavalco in acciaio

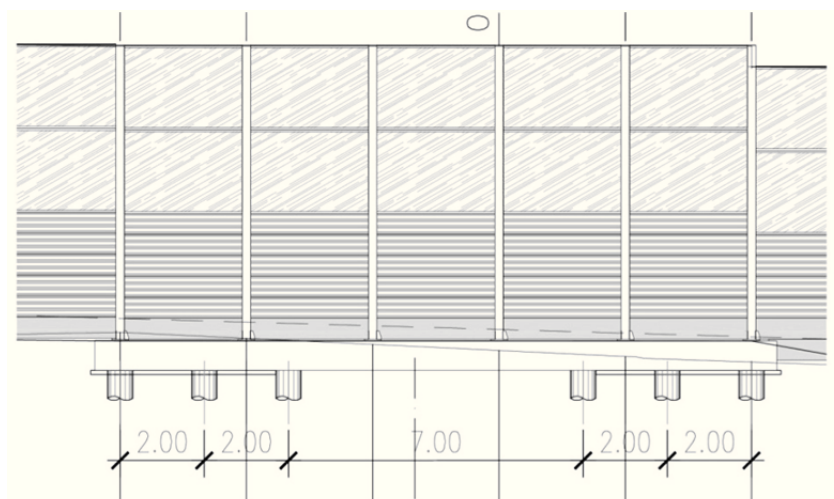
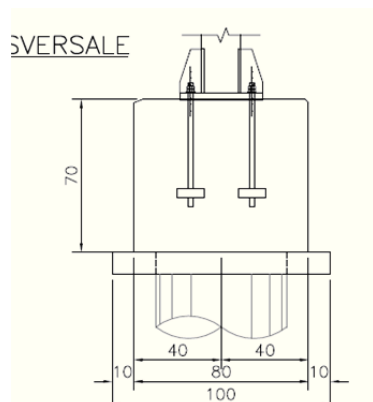


Figura 5.5 – Cordolo su pali e travi di scavalco in c.a.

## **6. CRITERI GENERALI DELLE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI**

L'analisi e la verifica degli elementi strutturali e delle fondazioni viene effettuata secondo il metodo semiprobabilistico degli stati limite, in conformità a quanto previsto dalle normative di riferimento (Capitolo 2 NTC2008). Anche l'analisi dell'interazione struttura-terreno di fondazione viene effettuata secondo tale metodo.

### **6.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)**

Secondo il D.M. 14/01/2008, per ogni Stato Limite Ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (6.1)$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. Sia il valore di progetto dell'azione sia il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico dipendono, tra l'altro, dai valori caratteristici delle azioni  $E_k$  e delle resistenze  $R_k$ , fattorizzati con opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ .

La verifica della condizione 5.1 deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

### 6.1.1 Azioni

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella **Tabella 6.1** ripresi dalla Tabella 6.2.I del D.M. 2008.

Tabella 6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	$\gamma_F$ EQU	$\gamma_F$ (A1)	$\gamma_F$ (A2)
Permanenti	Favorevole	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole	1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole	1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole	1.5	1.5	1.3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

### 6.1.2 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato:

1. in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_M$  specificato nella successiva **Tabella 6.2**, ripresa dalla Tabella 6.2.II del D.M. 2008 e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specifici per ciascun tipo di opera

Tabella 6.2 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	$\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.00

2. in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  relativi a ciascun tipo di opera;
3. sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specifici per ciascun tipo di opera.

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale  $q_u$  deve essere applicato un coefficiente parziale  $\gamma_{qu} = 1.60$ .

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tenere conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

## **6.2 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO (SLE)**

Le opere e i sistemi geotecnici devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (6.2)$$

dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto dell'azione e  $C_d$  è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione.

## 7. ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche geotecniche e strutturali delle fondazioni sono state condotte considerando i carichi provenienti dalla struttura in elevazione e applicati alla base del montante.

### 7.1 AZIONI SULLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE E COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni sulla struttura in elevazione e le sollecitazioni alla base del montante utilizzate per il calcolo delle fondazioni delle barriere di tipo tradizionale sono state distinte in base alla posizione altimetrica rispetto al piano stradale e all'eventuale presenza dell'aggetto, elementi che definiscono l'altezza totale del montante.

Le azioni agenti sulla struttura in elevazione delle barriere di tipo tradizionale sono:

- Peso proprio dei montanti (G1);
- Peso proprio dei pannelli in alluminio o calcestruzzo (G2);
- Azione del vento dalla strada o verso strada (Q1);
- Azione dinamica da rimozione neve (Q2);
- Azione della neve sugli aggetti sub-orizzontali (Q3);
- Pressione dinamica veicolare (Q4);
- Azione sismica (Ed).

Le azioni agenti sulla struttura in elevazione delle barriere di tipo integrate sono le stesse agenti su quelle di tipo tradizionali (senza l'azione della neve sugli aggetti poiché non è prevista una barriera integrata con sbraccio) a cui si aggiunge:

- Azione eccezionale da urto (Ad).

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'Approccio progettuale di tipo 1 (NTC2008 paragrafo 2.6.1).

Secondo tale approccio si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R). La Combinazione 1 (A1+M1+R1) è stata adottata per le verifiche strutturali delle barriere mentre la Combinazione 2 (A2+M1+R2) è stata adottata per le verifiche geotecniche delle fondazioni.

I coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2) sono riportati nella tabella seguente, mentre i coefficienti per i materiali (M1 e M2) e per le resistenze (R1 e R2) sono riportati nei paragrafi di verifica.



Tabella 7.1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

coefficienti sicurezza parziale		EQU	A1 - STR	A2 - GEO
permanententi $\gamma_{G1}$	favorevoli	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli	1.1	1.3	1.0
permanententi non strutturali(*) $\gamma_{G2}$	favorevoli	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli	1.5	1.5	1.3
Variabili $\gamma_{Qj}$	favorevoli	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli	1.5	1.5	1.3
(*) nel caso in cui i carichi permanententi non strutturali siano compiutamente definiti potrà adottarsi lo stesso coefficiente valido per le azioni permanententi				

Le combinazioni strutturali e geotecniche allo SLU saranno ottenute dalle seguenti equazioni, con rotazione degli indici:

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qj} \cdot \psi_{0j} \cdot Q_{ki}) \quad \text{Comb. fondamentale [NTC-2.5.1]}$$

$$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=2}^n (\psi_{2j} \cdot Q_{ki}) \quad \text{Comb. sismica [NTC-2.5.5]}$$

$$F_d = A_d + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=2}^n (\psi_{2j} \cdot Q_{ki}) \quad \text{Comb. eccezionale [NTC-2.5.6]}$$

Per lo stato limite di esercizio (SLE) e per combinazioni quasi permanente (SLE) si ha:

$$F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki}) \quad \text{Comb. rara [NTC-2.5.2]}$$

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^2 (\psi_{ii} \cdot Q_{ki}) + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \quad \text{Comb. frequente [NTC-2.5.3]}$$

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki}) \quad \text{Comb. quasi permanente [NTC-2.5.4]}$$

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  sono riportati nella **Tabella 7.2** in base al carico di riferimento.

Tabella 7.2 - Coefficienti di combinazione delle azioni

Azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve	0.5	0.2	0.0
Urto (azione eccezionale)	1.0	-	-

Nei calcoli delle strutture di fondazione la combinazione sismica non viene rappresentata in quanto non dimensionante. Il peso della barriera antirumore infatti è ridotto e quindi anche l'azione statica equivalente del sisma corrispondente. Inoltre, secondo le NTC 2008, il vento non viene combinato con l'azione sismica di conseguenza le sollecitazioni derivanti dalla combinazione sismica sono sicuramente inferiori a quelle dovute al carico da vento amplificato nelle verifiche SLU.

## **7.2 AZIONI SULLA STRUTTURA IN FONDAZIONE**

In condizioni statiche, le azioni agenti sulla struttura di fondazione sono pari alle azioni provenienti dalla struttura in elevazione in condizioni statiche, con i criteri descritti al paragrafo precedente.

## 8. METODI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE FONDAZIONI PROFONDE

### 8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Le verifiche delle fondazioni su pali sono state effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, come indicato nel D.M. 2008 (§ 6.4.3.1):

SLU di tipo geotecnico (GEO)

Collasso per carico limite del palo nei riguardi dei carichi assiali;

Collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;

Collasso per carico limite del palo nei riguardi dei carichi trasversali;

SLU di tipo strutturale (STR)

Raggiungimento della resistenza nei pali.

### 8.2 VERIFICA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI ALLO SLU

Le verifiche dei pali ai carichi assiali sono state effettuate seguendo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M1+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nella seguente tabella (cfr. Norme Tecniche 2008, Tab. 6.4.I e 6.4.II).

Tabella 8.1 – Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza	Simbolo	Pali trivellati		
	$\gamma_R$	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1.00	1.70	1.35
Laterale in	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15
Totale	$\gamma_t$	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti  $\gamma_R$  indicati nella tabella precedente.

La resistenza caratteristica  $R_k$  del palo (o micropalo) è stata dedotta con riferimento alle procedure analitiche descritte nei paragrafi precedenti. In particolare è stata calcolata una resistenza di calcolo minima ed una resistenza di calcolo media in funzione dei parametri geotecnici rispettivamente minimi e medi. Tali resistenze vengono a loro volta divise per un fattore di correlazione  $\xi$  riportato nella seguente tabella in funzione del numero delle verticali indagate.

Tabella 8.2 – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

In definitiva, il valore della resistenza di calcolo è data dal minimo tra quella calcolata considerando i valori minimi dei parametri geotecnici e quella calcolata considerando quelli medi, come indicato nelle seguente formula:

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

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

La verifica di resistenza per pali soggetti a carichi assiali risulta soddisfatta se

$$E_d \leq R_d$$

con  $E_d$  azione di progetto ottenuto amplificando i carichi caratteristici agenti in fondazione con i coefficienti di amplificazione indicati dal D.M. 2008 per l'Approccio 1 Combinazione 2 e per l'Approccio 2.

### 8.2.1 Stima della capacità portante del singolo palo

La portata limite ( $Q_{LIM}$ ) di un palo trivellato viene calcolata con riferimento all'equazione:

$$Q_{LIM} = Q_{B,LIM} + Q_{L,LIM} = q_b \cdot A_B + \sum_i \pi \cdot D_i \cdot \Delta H_i \cdot q_{s,i} \quad (3)$$

dove:

$Q_{B,LIM}$  = portata limite di base;

$Q_{L,LIM}$  = portata limite laterale;

$q_b$  = portata unitaria di base;

$A_B$  = area di base;

$D_i$  = diametro del concio  $i$ -mo di palo;

$\Delta H_i$  = altezza del concio  $i$ -mo di palo;

$q_{s,i}$  = attrito laterale unitario limite del concio  $i$ -mo di palo.

Per pali a sezione circolare, l'espressione di  $q_b$  cui si perviene è la seguente

$$q_b = N_c c + N_q q_L \quad (4)$$

dove  $c$  è la coesione e  $q_L$  il particolare valore della pressione sul piano orizzontale passante per la punta del palo; in pratica si assume  $q_L = \gamma L$  con  $L$  lunghezza del palo;  $N_c$  e  $N_q$  sono fattori adimensionali, funzioni dell'angolo d'attrito e del rapporto  $L/D$ . Tra  $N_c$  e  $N_q$  esiste la relazione

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (5)$$

con  $\varphi$  angolo d'attrito del terreno.

La resistenza laterale  $q_s$  alla generica profondità  $z$  viene valutata con l'espressione

$$q_s = q_a + \mu \cdot k \cdot \sigma_v \quad (6)$$

dove  $q_a$  è un termine di adesione indipendente dalla tensione normale,  $\mu = \operatorname{tg} \delta$  è un coefficiente d'attrito terreno-palo,  $k$  è un coefficiente adimensionale che esprime il rapporto fra la tensione normale che agisce alla profondità  $z$  sulla superficie laterale del palo e la tensione verticale  $\sigma_v$  alla stessa profondità.

Nella pratica progettuale il calcolo del carico limite viene condotto in maniera diversa per terreni incoerenti e per terreni coesivi saturi.

Nel seguito vengono illustrati i criteri di dimensionamento convenzionale, basati sulla definizione esplicita dei parametri di resistenza dei terreni.

Nel seguito vengono illustrati i criteri di dimensionamento convenzionale, basati sui risultati di prove penetrometriche standard SPT o sulla definizione esplicita dei parametri di resistenza dei terreni.

#### 8.2.1.1 Portata unitaria di base

##### *Terreni coesivi*

In argille e limi saturi, in condizioni non drenate, il carico limite viene usualmente calcolato in termini di tensioni totali.

Per  $N_c$  è comunemente adottato il valore 9; per  $\varphi_u=0$   $N_q=1$ .

La resistenza alla punta vale quindi

$$q_b = 9 \cdot c_u + \gamma \cdot L$$

##### *Terreni granulari*

Per la valutazione della resistenza alla punta  $Q_b$  di pali di medio diametro si fa riferimento allo schema di mezzo omogeneo ed isotropo e a meccanismi di rottura del terreno molto diversi tra loro. A seconda del meccanismo di rottura assunto, i valori di  $N_q$  per un dato valore dell'angolo d'attrito variano in un intervallo molto ampio. Per pali infissi di medio diametro, specie in terreni mediamente addensati ( $\varphi' \leq 35^\circ$ ) è prevalso l'uso dei valori di  $N_q$  forniti dalla teoria di Berezantzev (1961, cfr. **Figura 8.1**).

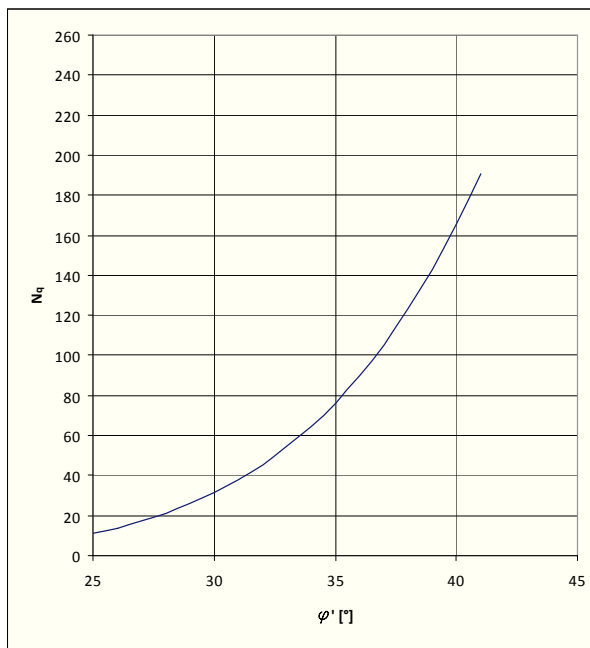


Figura 8.1 - Valori di  $N_q$  secondo Berezantzev (1961)

#### 8.2.1.2 Attrito laterale

##### *Terreni coesivi*

La resistenza laterale si calcola supponendo nullo il coefficiente d'attrito palo-terreno; si ottiene così l'espressione

$$q_s = q_a$$

L'adesione può essere valutata mediante i coefficienti riportati in funzione della coesione non drenata  $c_u$ .

Tabella 8.3 - Valori indicativi dell'adesione  $q_a$  per pali in terreni coesivi

Materiale		Cu (kPa)	$q_a$ (kPa)	$q_a$ max (kPa)
PALI INFISSI	CLS	$\leq 25$	cu	120
		25÷50	0.85 cu	
		50÷75	0.65 cu	
		$\geq 75$	0.50 cu	
	ACCIAIO	$\leq 25$	cu	100
		25÷50	0.80 cu	
		50÷75	0.65 cu	
		$\geq 75$	0.50 cu	
TRIVELLATI	CLS	$\leq 25$	0.90 cu	100
		25÷50	0.80 cu	
		50÷75	0.60 cu	
		$\geq 75$	0.40 cu	

#### Terreni granulari

Per il calcolo della resistenza laterale  $q_s$  si assume  $q_a = 0$ .

I valori di  $k$  variano in un campo molto ampio in funzione del tipo di terreno, del tipo di palo e delle modalità esecutive.

In linea orientativa si è fatto riferimento ai valori empirici di  $k$  e  $\mu$  di seguito riportati:

Tabella 8.4 - Valori indicativi di  $k$  e  $\mu$  per terreni incoerenti

Tipo di palo		Valori di $k$	Valori di $\mu$
BATTUTO	Acciaio	0.5÷1	tg 20°
	Calcestruzzo prefabbricato	1÷2	tg (3/4 $\varphi'$ )
	Calcestruzzo gettato in opera	1÷3	tg $\varphi$
TRIVELLATO		0.4÷0.7 *	tg $\varphi'$

\* Decrescente con la profondità

Nei calcoli è stato scelto  $k = 0.5$ .



### 8.3 VERIFICA DEI PALI AI CARICHI TRASVERSALI ALLO SLU

Per la verifica ai carichi trasversali del palo singolo si farà riferimento alla teoria di Broms (1965) in base alla quale per il calcolo del carico limite occorre distinguere i casi di palo libero di ruotare in testa ovvero vincolato alla quota del piano di campagna ad una struttura di fondazione che ne impedisca la rotazione.

Per pali relativamente corti e rigidi il valore del carico limite orizzontale dipende solo dalle caratteristiche geometriche del palo e dalla resistenza del terreno.

Per pali relativamente lunghi il valore limite del carico orizzontale dipende anche dalle caratteristiche di resistenza del palo, in quanto la rottura avviene con formazione di una cerniera plastica nel palo.

Per la verifica del palo singolo sottoposto ai carichi orizzontali si determinerà il valore caratteristico  $R_{tr,cal}$  con i criteri descritti nel paragrafo precedente. Il valore di progetto  $R_{tr,d}$  si otterrà dal valore  $R_{tr,k}$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_T$  riportati in **Tabella 8.5** (cfr. anche Tabella 6.4.VI del D.M. 2008).

Tabella 8.5 – Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T=1.0$	$\gamma_T=1.6$	$\gamma_T=1.3$

### 8.4 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO SLE

In generale il dimensionamento è stato eseguito in modo da rispettare il limite di deformabilità ammissibile del complesso fondazione-elevazione tale per cui il contributo dello spostamento e della rotazione rigida della fondazione, sommato a quello della barriera, comportano uno spostamento massimo complessivo della testa della barriera pari a 1/100 dell'altezza della struttura in elevazione

#### 8.4.1 Calcolo del modulo di reazione orizzontale del terreno

Per terreni granulari i moduli di reazione orizzontale iniziali ( $E_{si}$ ) alla Matlock & Reese (1960), sono stati valutati in accordo alla seguente espressione:

$$E_{si} = k_{hi} \cdot z \text{ [kPa]}$$

essendo:

$k_{hi}$  = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale, riportato nella tabella seguente (cfr. Reese et al., 1974 e Elson, 1984)

$z$  = profondità dal piano campagna originario.

Tabella 8.6 - Gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale secondo Reese et al. (1974) (cfr. anche Elson (1984))

$D_r$ (%)	$k_{hi}$ (kN/m <sup>3</sup> )
35%	10000
50%	15000
70%	25000

Nel caso di pali di fondazione posizionati in cresta ad una scarpata naturale o artificiale, i moduli di reazione orizzontali saranno ridotti di una quantità pari al rapporto tra il coefficiente di spinta passiva del terreno calcolato per un piano di campagna con inclinazione pari alla pendenza della scarpata e lo stesso parametro calcolato per un piano di campagna orizzontale.

In particolare, noto il coefficiente di spinta passiva nel caso di piano campagna orizzontale dalla formula:

$$K_p = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)}$$

e calcolando il coefficiente di spinta passiva nel caso di piano campagna con inclinazione  $\omega$  nel modo seguente:

$$K_{p-w} = \frac{\cos(\omega) + \sqrt{\cos(\omega)^2 - \cos(\varphi)^2}}{\cos(\omega) - \sqrt{\cos(\omega)^2 - \cos(\varphi)^2}}$$

si ricava il coefficiente di riduzione delle molle orizzontali per la presenza della scarpata dal rapporto dei due coefficienti di spinta passiva appena descritti:

$$\eta = \frac{K_{p-w}}{K_p}$$

Nel caso di comportamento coesivo dei terreni, il modulo elastico del terreno viene calcolato con la seguente formula:

$$E_{coesivo} = 400 \cdot c_u \quad [kPa]$$

dove  $c_u$  rappresenta la coesione non drenata minima del terreno considerato. In questo caso il valore della rigidezza della molla è costante con la profondità ed è soggetto anch'esso alla riduzione dovuta all'eventuale inclinazione della scarpata.

In questo caso il valore della rigidezza della molla risulterà pari a

$$K_{orizz\_coesivo} = \eta \cdot E_{coesivo} \cdot d \quad \left[ \frac{kN}{m} \right]$$

Per maggiori dettagli riguardanti il valore della rigidezza delle molle del terreno utilizzate nelle verifiche si rimanda alla relazione di calcolo strutturale.

## 8.5 VERIFICA STRUTTURALE PER SOLLECITAZIONI FLESSIONALI

Note le sollecitazioni agenti, sono state effettuate le verifiche strutturali di resistenza a pressoflessione (agli stati limiti ultimi SLU-STR) e la determinazione delle tensioni agenti (agli stati limiti d'esercizio in combinazione RARA) della sezione circolare del palo in c.a.

Le verifiche sono eseguite mediante l'utilizzo del software di calcolo VCA-SLU.

## 8.6 VERIFICA STRUTTURALE PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Le verifiche di resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti vengono effettuate considerando una sezione quadrata di pari area rispetto a quella del palo.

Il taglio resistente senza armatura a taglio si valuta con la seguente formula:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Armatura longitudinale	Copriferro [cm]	Taglio resistente $V_{Rd}$ [kN]
14 Ø16	6.3	150.57
14 Ø20	7	173.49

Come illustrato nelle successive verifiche, poiché i pali sono caratterizzati da sollecitazioni taglianti minori del taglio resistente calcolato come sopra esposto, non è necessaria una specifica armatura a taglio. Si inserisce solamente una staffatura a spirale Ø10/20 cm.

## 8.7 VERIFICA A FESSURAZIONE

Come indicato nella Circolare n. 617 02 Febbraio 2009, la verifica dell'ampiezza di fessurazione viene effettuata in via indiretta:

**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione**

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

Utilizzando XC2 come classe di esposizione ambientale ed utilizzando armatura poco sensibile, effettuando le verifiche nella combinazione di carico rara a favore di sicurezza

(invece di considerare la combinazione frequente), il limite di apertura delle fessure è pari a  $w_3 = 0.4 \text{ mm}$ .

Prevedendo pali  $\phi 600$  armati longitudinalmente con 14 barre di armatura di diametro 16 e 20 mm, la verifica della spaziatura minima e del diametro massimo, risulta sempre soddisfatta visto lo stato tensionale presente come illustrato nelle verifiche successive.

Nei casi in cui tale verifica non risulti soddisfatta verrà considerata, coerentemente con quanto richiesto dalla norma, la combinazione di carico frequente che prevede il carico dovuto all'azione del vento ridotto al 20%.

## 9. SEZIONI DI VERIFICA

Nella scelta delle sezioni di verifica delle fondazioni si è tenuto conto delle seguenti variabili:

- Altezza e interasse dei montanti;
- Carpenteria del montante;
- Posizione altimetrica del tratto di barriera per il calcolo della pressione del vento;
- Posizione planimetrica del tratto di barriera (corrente o di bordo);
- Frequenza di rappresentazione in progetto;
- Schema geotecnico del sottosuolo (caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni e condizioni idrauliche);
- Altezza e inclinazione della scarpata su cui sarà inserita la barriera antirumore.

La stratigrafia geotecnica di calcolo è stata ripresa dai documenti progettuali di riferimento indicati in § 2.1.

Sono stati utilizzati i seguenti simboli:

$\gamma$	peso dell'unità di volume
$c'$	coesione efficace
$\varphi'$	angolo d'attrito
$c_u$	coesione non drenata
$k_h$	coefficiente del modulo di reazione orizzontale caratteristico
$k_{hd}$	modulo di reazione orizzontale di calcolo
$z_w$	soggiacenza della falda

Con riguardo alle condizioni idrauliche del sottosuolo, per ogni intervento è stata adottata una soggiacenza di calcolo pari al minor valore rilevato nei piezometri o, in loro mancanza, alla minore soggiacenza misurata nel corso dei sondaggi.

## 10. VERIFICHE DEL PLINTO SU MONOPALO

In **Tabella 10.1** si riporta un quadro sinottico dei risultati delle verifiche strutturali delle fondazioni condotte sui casi ritenuti dimensionanti in ragione degli elementi indicati in § 9. Sono stati adottati i seguenti simboli:

Sono stati utilizzati i seguenti simboli:

$H_{barr}$  altezza del montante [m]

$i_{barr}$  interasse del montante [m]

$Montante_r$  carpenteria del montante

$H_{scarpata}$  altezza della scarpata su cui insiste il tratto di barriera antirumore [m]

$Posizione\ barriera$  ubicazione planimetrica del tratto di barriera (corrente o di bordo)

$P_{vento}$  pressione del vento corrispondente ad  $H_{scarpata}$  [kN/m<sup>2</sup>]

$H_{plinto}$  altezza del plinto di fondazione del palo [m]

$\alpha_{terreno}$  inclinazione della scarpata su cui insiste il tratto di barriera antirumore [°]

$L_{palo}$  lunghezza del palo [m]

$A_{s\ palo}$  armatura longitudinale del palo [n. ferri e diametro in mm]

$DO\ SLU-GEO\ Carichi\ assiali$  Grado di ottimizzazione per le verifiche SLU-GEO del palo ai carichi assiali [%]

$DO\ SLU-GEO\ Carichi\ trasversali$  Grado di ottimizzazione per le verifiche SLU-GEO del palo ai carichi trasversali [%]

$DO\ SLU-STR$  Grado di ottimizzazione per le verifiche a pressoflessione SLU-STR del palo [%]

$DO\ SLU-SLE$  Grado di ottimizzazione per le verifiche SLU-SLE del complesso elevazione e fondazione [%]

In **Tabella 10.1** le verifiche SLU-STR a taglio, le verifiche delle tensioni allo SLE e le verifiche di fessurazione allo SLE sono omesse perché sono risultate mai dimensionanti.

Tabella 10.1 - Quadro riassuntivo delle verifiche strutturali delle barriere antirumore con fondazioni su plinti su monopalo

Caso	Famiglia	H <sub>barr</sub> [m]	i <sub>barr</sub> [m]	Montante	H <sub>scarpata</sub> [m]	Posizione barriera	p <sub>vento</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	H <sub>plinto</sub> [m]	α <sub>terreno</sub> [°]	L <sub>palo</sub> [m]	A <sub>spalo</sub>	DO SLU- GEO Carichi assiali	DO SLU- GEO Carichi trasversali	DO SLU- STR Presso- flessione	DO SLE
1	3,00_Corrente - Rilevato_10 - interasse_6,00 - H_plinto_0,70	3.0	6.0	HE 180 B	10	Corrente	1.266	0.70	29	6.00	14 Ø16	86.30%	69.73%	42.00%	56.33%
1bis	3,00_Corrente - Rilevato_10 - interasse_6,00 - H_plinto_1,20	3.0	6.0	HE 180 B	10	Corrente	1.266	1.20	29	6.00	14 Ø16	94.11%	69.73%	49.00%	62.00%
2	3,50_Bordo - Rilevato_4 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	3.5	4.0	HE 180 B	4	Bordo	1.784	0.70	29	6.00	14 Ø16	81.71%	76.43%	50.00%	74.57%
2bis	3,50_Bordo - Rilevato_4 - interasse_4,00 - H_plinto_1,20	3.5	4.0	HE 180 B	4	Bordo	1.784	1.20	29	6.00	14 Ø16	97.36%	76.43%	57.00%	80.29%
3	3,50_Corrente - Rilevato_3 - interasse_6,00 - H_plinto_0,70	3.5	6.0	HE 180 B	3	Corrente	1.022	0.70	24	6.00	14 Ø16	80.15%	43.37%	46.00%	74.86%
3bis	3,50_Corrente - Rilevato_3 - interasse_6,00 - H_plinto_1,20	3.5	6.0	HE 180 B	3	Corrente	1.022	1.20	24	6.00	14 Ø16	95.00%	43.37%	52.00%	81.43%
4	4,00_Corrente - Rilevato_8 - interasse_6,00 - H_plinto_0,70	4.0	6.0	IPE 300	8	Corrente	1.236	0.70	29	6.00	14 Ø16	43.84%	64.84%	68.00%	83.50%
5	5,00_Corrente - Rilevato_4 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	5.0	4.0	IPE 300	4	Corrente	1.134	0.70	29	6.00	14 Ø16	64.66%	49.57%	58.00%	79.80%
5bis	5,00_Corrente - Rilevato_4 - interasse_4,00 - H_plinto_1,20	5.0	4.0	IPE 300	4	Corrente	1.134	1.20	29	6.00	14 Ø16	78.36%	49.57%	65.00%	86.40%
6	5,00_Bordo - Rilevato_0 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	5.0	4.0	IPE 300	0	Bordo	1.559	0.70	0	6.00	14 Ø16	89.87%	79.00%	75.00%	84.80%
7	5,50_Bordo - Rilevato_3 - interasse_3,00 - H_plinto_0,70	5.5	3.0	IPE 360	3	Bordo	1.856	0.70	27	6.00	14 Ø16	77.72%	64.56%	84.00%	83.45%
7bis	5,50_Bordo - Rilevato_3 - interasse_3,00 - H_plinto_1,20	5.5	3.0	IPE 360	3	Bordo	1.856	1.20	27	6.00	14 Ø16	92.07%	64.56%	93.00%	91.64%
8	5,50_Corrente - Rilevato_8 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	5.5	4.0	IPE 360	8	Corrente	1.280	0.70	30	6.00	14 Ø16	44.01%	62.90%	77.00%	80.00%
8bis	5,50_Corrente - Rilevato_8 - interasse_4,00 - H_plinto_1,20	5.5	4.0	IPE 360	8	Corrente	1.280	1.20	30	6.00	14 Ø16	53.08%	62.90%	86.00%	87.82%
9	6,00_Bordo - Rilevato_2 - interasse_3,00 - H_plinto_0,70	6.0	3,0	IPE 400	2	Bordo	1.821	0.70	32	7.50	14 Ø20	53.19%	38.71%	33.00%	33.50%
10	6,00_Corrente - Rilevato_6 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	6.0	4.0	IPE 400	6	Corrente	1.236	0.70	34	7.50	14 Ø20	49.95%	80.80%	60.00%	88.83%
10bis	6,00_Corrente - Rilevato_6 - interasse_4,00 - H_plinto_1,20	6.0	4.0	IPE 400	6	Corrente	1.236	1.20	34	7.50	14 Ø20	58.87%	80.80%	67.00%	93.33%
11	6,50_Corrente - Rilevato_3,5 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	6.5	4.0	IPE 400	3.5	Corrente	1.171	0.70	26	7.50	14 Ø20	62.92%	63.21%	64.00%	84.15%
11bis	6,50_Corrente - Rilevato_3,5 - interasse_4,00 - H_plinto_1,20	6.5	4.0	IPE 400	3.5	Corrente	1.171	1.20	26	7.50	14 Ø20	87.89%	49.60%	70.00%	90.77%
12	7,00_Corrente - Rilevato_6,5 - interasse_4,00 - H_plinto_0,70	7.0	4.0	HE 360 B	6.5	Corrente	1.280	0.70	33	7.50	14 Ø20	53.02%	69.21%	80.00%	92.43%



Di seguito si riportano le verifiche strutturali dei plinti su palo singolo con minor grado di ottimizzazione, corrispondenti ai casi 2bis, 10bis e 12 di **Tabella 10.1**.

## 10.1 CASO 2BIS BARRIERA TRADIZIONALE DI BORDO H=3.50M, INTERASSE MONTANTI 4.00M (INT. 2SG SEZ. 7)

### 10.1.1 Azioni di verifica

INTERVENTO	2Sg sez.7
------------	-----------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	3,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	HE 180 B

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	29
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	30,00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	6,00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	0,80
Altezza	H	[m]	1,20

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\phi_{barre}$	[mm]	16
Armatura	As	[-]	14 $\phi 16$
Copriferro	c	[mm]	63
Momento resistente	My	[kNm]	238,30

CARICHI			
Peso proprio montante	$P_{mont}$	[kN/m]	0,512
Peso proprio pannelli	$P_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,50
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,784
Pressione del vento sullo sbraccio	$P_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0,812
Peso della struttura	$P$	[kN]	8,79
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1,79	7,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	24,98	7,14	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	43,71	24,99	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
N [kN]	12,83	10,89	8,79	8,79	0,00
T [kN]	37,46	32,47	24,98	7,14	0,00
M [kNm]	65,56	56,82	43,71	24,99	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	37,79	30,09	27,99	27,99	0,00
$N_{traz}$ [kN]					
T [kN]	37,46	32,47	24,98	7,14	0,00
M [kNm]	110,52	95,78	73,68	33,56	0,00

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	136,97	118,71	91,31		



## 10.1.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA													
Diametro palo						D	[m]	0,60					
Lunghezza palo						L	[m]	6,00					
Tipologia palo						-	-	Trivellato					
Sovraccarico al piano campagna						$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0					
Profondità falda da testa palo						$z_w$	[m]	30					
Peso specifico acqua						$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81					
Peso specifico calcestruzzo						$\gamma_{cs}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25					
Peso del palo (valore caratteristico)						$W_{palo}$	[kN]	42					

Strati terreno							MEDIO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{med}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{med}$ [°]	$c'_{med}$ [kPa]	$c_{u,med}$ [kPa]	$W_{med}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	15,1	35	0	55	2,13	3,78	3,78
2	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	15,1	35	0	55	2,13	11,33	11,33
3	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	15,1	35	0	55	2,13	18,88	18,88
4	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	15,1	35	0	55	2,13	26,43	26,43
5	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	15,1	35	0	55	2,13	33,98	33,98
6	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	15,1	35	0	55	2,13	41,53	41,53
7	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	15,1	35	0	55	2,13	49,08	49,08
8	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	15,1	35	0	55	2,13	56,63	56,63
9	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	15,1	35	0	55	2,13	64,18	64,18
10	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	15,1	35	0	55	2,13	71,73	71,73
11	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	5,00	5,50	0,50	15,1	35	0	55	2,13	79,28	79,28
12	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	5,50	6,00	0,50	15,1	35	0	55	2,13	86,83	86,83
TOTALE				0,00	6,00	6,00	-	-	-	-	25,62	-	-

Strati terreno							MINIMO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{min}$ [°]	$c'_{min}$ [kPa]	$c_{u,min}$ [kPa]	$W_{min}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	13,4	29	0	16	1,89	3,35	3,35
2	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	13,4	29	0	16	1,89	10,05	10,05
3	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	13,4	29	0	16	1,89	16,75	16,75
4	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	13,4	29	0	16	1,89	23,45	23,45
5	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	13,4	29	0	16	1,89	30,15	30,15
6	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	13,4	29	0	16	1,89	36,85	36,85
7	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	13,4	29	0	16	1,89	43,55	43,55
8	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	13,4	29	0	16	1,89	50,25	50,25
9	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	13,4	29	0	16	1,89	56,95	56,95
10	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	13,4	29	0	16	1,89	63,65	63,65
11	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	5,00	5,50	0,50	13,4	29	0	16	1,89	70,35	70,35
12	T1<8.5 Granulare	Granulare	No	5,50	6,00	0,50	13,4	29	0	16	1,89	77,05	77,05
TOTALE				0,00	6,00	6,00	-	-	-	-	22,73	-	-

COMPORTAMENTO GRANULARE DEL TERRENO								COMPORTAMENTO COESIVO DEL TERRENO						PORTANZA	
Strati terreno		MEDIO			MINIMO			MEDIO			MINIMO			MEDIO	MINIMO
n. strato	tipo terreno	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	$\alpha$ AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	$\alpha$ AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]
1	T1<8.5 Granulare	0,5	1,32	1,25	0,5	0,93	0,88	-	-	-	-	-	-	1,25	0,88
2	T1<8.5 Granulare	0,5	3,96	3,74	0,5	2,79	2,63	-	-	-	-	-	-	3,74	2,63
3	T1<8.5 Granulare	0,5	6,61	6,23	0,5	4,64	4,38	-	-	-	-	-	-	6,23	4,38
4	T1<8.5 Granulare	0,5	9,25	8,72	0,5	6,50	6,13	-	-	-	-	-	-	8,72	6,13
5	T1<8.5 Granulare	0,5	11,89	11,21	0,5	8,36	7,88	-	-	-	-	-	-	11,21	7,88
6	T1<8.5 Granulare	0,5	14,54	13,70	0,5	10,21	9,63	-	-	-	-	-	-	13,70	9,63
7	T1<8.5 Granulare	0,5	17,18	16,19	0,5	12,07	11,38	-	-	-	-	-	-	16,19	11,38
8	T1<8.5 Granulare	0,5	19,82	18,68	0,5	13,93	13,13	-	-	-	-	-	-	18,68	13,13
9	T1<8.5 Granulare	0,5	22,47	21,18	0,5	15,78	14,88	-	-	-	-	-	-	21,18	14,88
10	T1<8.5 Granulare	0,5	25,11	23,67	0,5	17,64	16,63	-	-	-	-	-	-	23,67	16,63
11	T1<8.5 Granulare	0,5	27,75	26,16	0,5	19,50	18,38	-	-	-	-	-	-	26,16	18,38
12	T1<8.5 Granulare	0,5	30,40	28,65	0,5	21,35	20,13	-	-	-	-	-	-	28,65	20,13
TOTALE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	179,37	126,01



**SCELTE PROGETTUALI**

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	○
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	●
Approccio 2	A1+M1+R3	○

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_F$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1,00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1,30
Variabili	$\gamma_Q$	1,30

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$\gamma_{\phi'}$	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00
Coesione non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_V$	1,00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_R$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1,70
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,45
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	$n^{\circ}$ vert	1
Fattore medio	$\xi_3$	1,70
Fattore minimo	$\xi_4$	1,70

Considero il peso netto del palo in compressione	Si
Considero il peso del palo in trazione	No
Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{d, lat} [kN]$	179,37	126,01
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{k, lat} [kN]$	105,51	74,12
Valore di progetto a compressione	$Q_{d, comp} [kN]$	72,77	51,12
Valore di progetto a trazione	$Q_{d, traz} [kN]$	65,94	46,33

		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto peso netto del palo	$W_{netto Ed} [kN]$	16,79	19,68
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo Ed} [kN]$	42,41	

		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{d, tot comp} [kN]$	72,77	51,12
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{d, tot traz} [kN]$	65,94	46,33

PORTANZA DI PROGETTO		VENTO
Portanza di progetto a compressione	$R_{cd} [kN]$	51,12

PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO
Portanza di progetto	$R_{cd}$ [kN]	51,12
Azione di progetto	$E_{cd}$ [kN]	49,77
Verifica	$E_{cd}/R_{cd}$	97,36%
		Verificato

### 10.1.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	T1<8.5 Granulare		
Falda:	NO		
<b>Caratteristiche medie del terreno</b>		<b>Caratteristiche minime del terreno</b>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	29	$\alpha_{\text{terreno}}$	29
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	6,00	$L$ [m]	6,00
$L'=e+L$ [m]	6,00	$L'=e+L$ [m]	6,00
$\varphi'_{\text{medio}}$ [°]	35	$\varphi'_{\text{min}}$ [°]	29
$k_p$	2,08	$k_p$	1,00
$\gamma_{\text{medio}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	15,1	$\gamma_{\text{min}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	13,4
<b>Palo corto</b>		<b>Palo corto</b>	
$H_1$ [kN]	339,1	$H_1$ [kN]	144,7
$f$ [m]	3,5	$f$ [m]	3,5
$M_{\text{max}}$ [kNm]	782,5	$M_{\text{max}}$ [kNm]	334,0
	> $M_y$		> $M_y$
<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>	
$H_2$ [kN]	153,47	$H_2$ [kN]	115,55
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0
$H_{\text{media}}$ [kN]	153,47	$H_{\text{min}}$ [kN]	115,55
$H_{\text{tr},k \text{ media}}$ [kN]	90,27	$H_{\text{tr},k \text{ min}}$ [kN]	67,97

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr},d \text{ media}}$ [kN]	90,27	56,42	69,44
$H_{\text{tr},d \text{ min}}$ [kN]	67,97	42,48	52,28
$H_{\text{RES}}$ [kN]	67,97	42,48	52,28
$H_{\text{ES}}$ [kN]	37,46	32,47	37,46
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	55,12%	76,43%	71,65%
	Verificato	Verificato	Verificato

Comportamento non drenato:

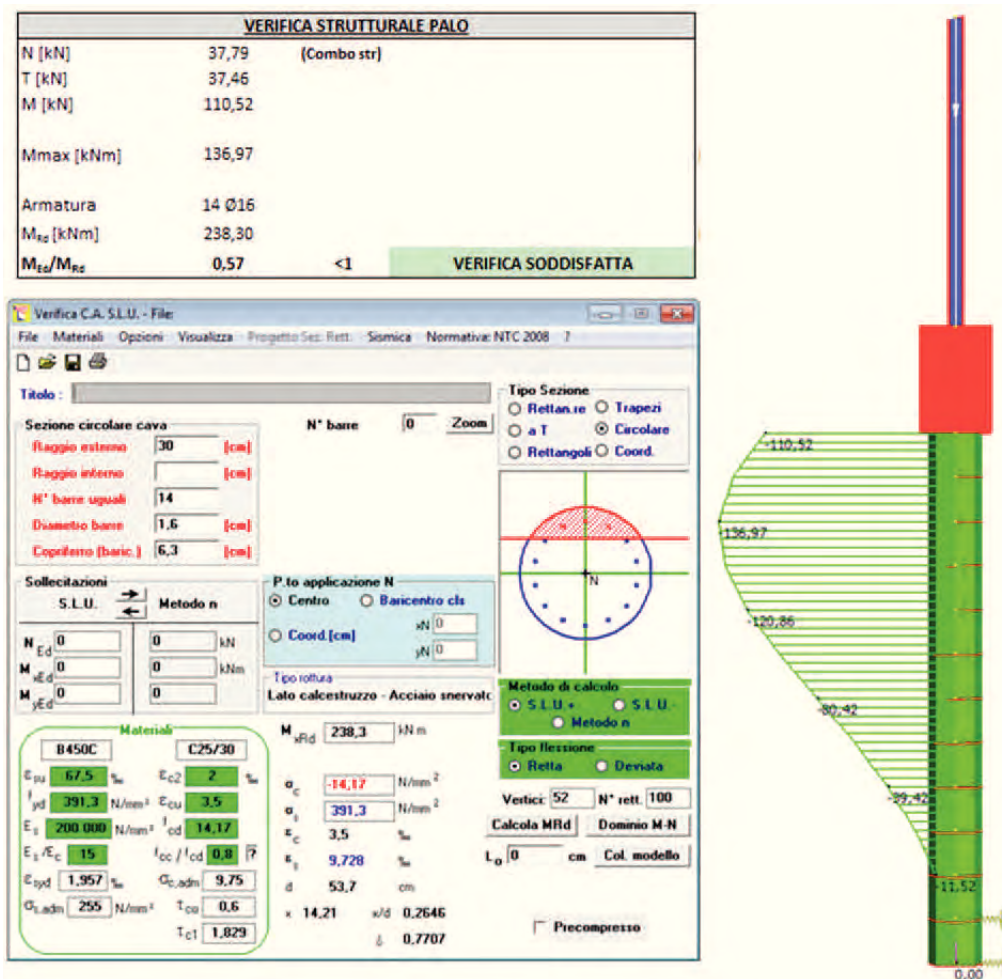
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	T1<8.5 Coesivo		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
$c_u$ media [kPa]	55	$c_u$ min [kPa]	16
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	6,00	$L$ [m]	6,00
$L'=e+L$ [m]	6,00	$L'=e+L$ [m]	6,00
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H1$ [kN]	499,02	$H1$ [kN]	145,17
$f$ [m]	1,7	$f$ [m]	1,7
$M_{max}$ [kNm]	868,4	$M_{max}$ [kNm]	252,6
$Z_{momento\ massimo}$ [m]	2,6	$Z_{momento\ massimo}$ [m]	2,6
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H2$ [kN]	194,22	$H2$ [kN]	139,55
$f$ [m]	0,7	$f$ [m]	1,6
$Z_{cerniera}$ [m]	1,6	$Z_{cerniera}$ [m]	2,5
$H_{media}$ [kN]	194,22	$H_{min}$ [kN]	139,55
$H_{tr,k\ media}$ [kN]	114,25	$H_{tr,k\ min}$ [kN]	82,09

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	114,25	71,40	87,88
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	82,09	51,31	63,15
$H_{RES}$ [kN]	82,09	51,31	63,15
$H_{ES}$ [kN]	37,46	32,47	37,46
$H_{ES}/H_{RES}$	45,64%	63,28%	59,33%
	Verificato	Verificato	Verificato



## 10.1.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

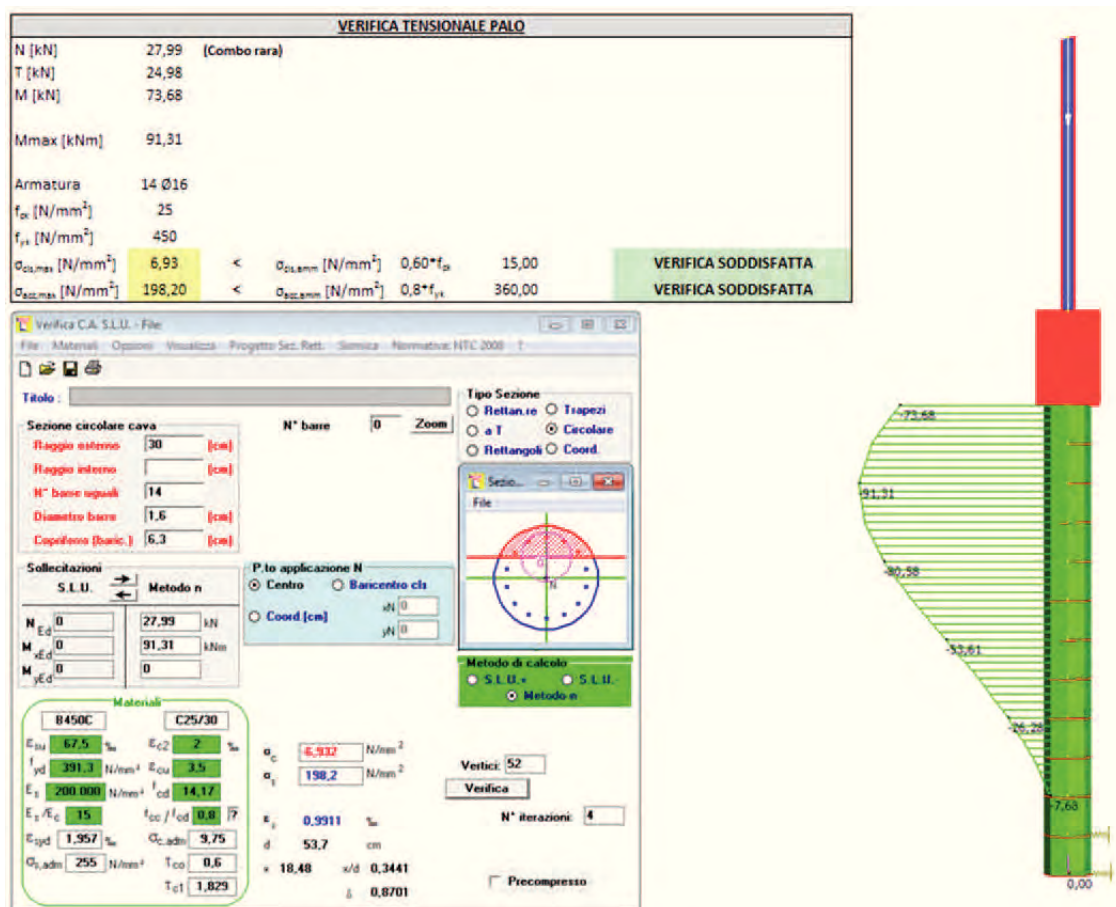
### 10.1.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)



### 10.1.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA		
N [kN]	37,79	(Combo str)
T [kN]	37,46	
M [kN]	110,52	
Lato equivalente [mm]	532	
Copri ferro [mm]	63	
Armatura	14 Ø16	
Area armatura [mm²]	2815	
Classe cls	C25/30	
f <sub>ck</sub> cls [N/mm²]	25	
k [-]	1,65	
ρ <sub>l</sub> [%]	1,13%	
σ <sub>cp</sub> [N/mm²]	0,00	
v <sub>min</sub> [N/mm²]	0,37	
V <sub>Ed</sub> [kN]	150,57	
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	0,25	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

#### 10.1.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



#### 10.1.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	198,20
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	63
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	16
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	115
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	99

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato



### 10.1.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	6,00
Diametro palo	d	[m]	0,60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6,36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

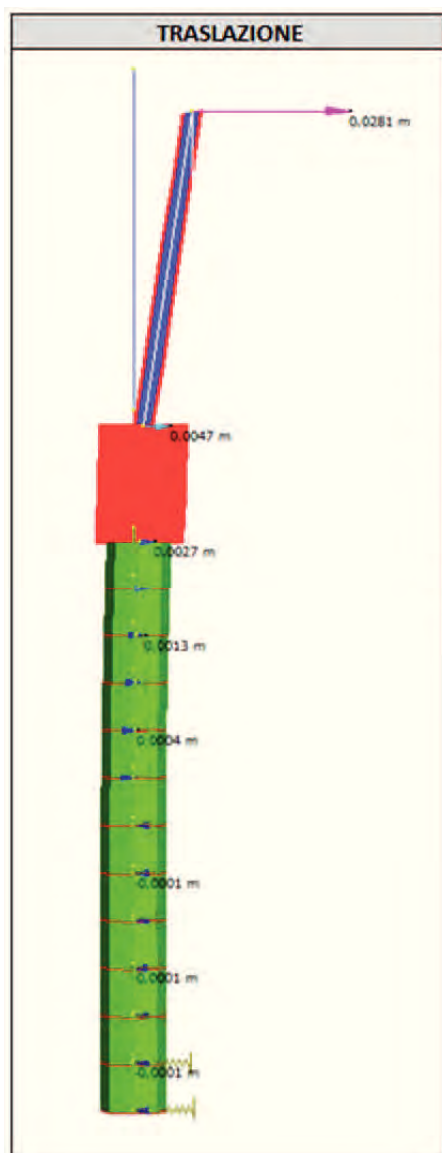
  

Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0,5
Altezza concio	Δz	[m]	0,5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub>	[m]	30,00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	-	-	T1<8.5 Granulare
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sup>int</sup> medio [°]	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	29
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[-]	3,690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p,α</sub>	[-]	2,079
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[-]	0,563

N° concio	Profondità base concio		Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio	Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della scarpata	Modulo elastico terreno		Rigidezza molle
	Da testa palo	Da piano campagna				Granulare	Coesivo	
[-]	z <sub>palo</sub> [m]	z <sub>pi</sub> [m]	-	k <sub>h</sub> medio [kN/m <sup>3</sup> ]	η [-]	E <sub>gran</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>coes</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]
1	0,50	1,00	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	12395	-	7437
2	1,00	1,50	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	18592	-	11155
3	1,50	2,00	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	24790	-	14874
4	2,00	2,50	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	30987	-	18592
5	2,50	3,00	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	37185	-	22311
6	3,00	3,50	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	43382	-	26029
7	3,50	4,00	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	49580	-	29748
8	4,00	4,50	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	55777	-	33466
9	4,50	5,00	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	61975	-	37185
10	5,00	5,50	T1<8.5 Granulare	22000	0,563	68172	-	40903
11	5,50	6,00	T1<8.5 Granulare	22000	1,000	132000	-	79200
12	6,00	6,50	T1<8.5 Granulare	22000	1,000	143'000	-	85'800



GEOMETRIA			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	3,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	HE 180 B
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	3,83E+07
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,784
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,000
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	1,20

VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	2,81
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	3,50
Verificato $E_d < C_d$ - $E_d/C_d = 0,80$		

## 10.2 CASO 10BIS BARRIERA TRADIZIONALE CORRENTE H=6.00M, INTERASSE MONTANTI 4.00M (INT. 1ND SEZ. 1)

### 10.2.1 Azioni di verifica

INTERVENTO	1Nd sez.1
------------	-----------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	6,00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 400

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	34
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	9,00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	0,80
Altezza	H	[m]	1,20

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Armatura	As	[-]	14 $\phi 20$
Copriferro	c	[mm]	70
Momento resistente	My	[kNm]	342,80



CARICHI			
Peso proprio montante	$P_{mont}$	[kN/m]	0,663
Peso proprio pannelli	$P_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,50
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,236
Pressione del vento sullo sbraccio	$P_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0,812
Peso della struttura	$P$	[kN]	15,98
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	3,98	12,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	29,66	12,97	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	88,99	77,85	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE						
	STR	GEO	RARA	FREQ.	SISMA	URTO
N [kN]	23,17	19,58	15,98	15,98	15,98	0,00
T [kN]	44,50	38,56	29,66	5,93	12,97	0,00
M [kNm]	133,49	115,69	88,99	17,80	77,85	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO						
	STR	GEO	SLE	FREQ.	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	48,13	38,78	35,18	35,18	35,18	0,00
$N_{traz}$ [kN]						
T [kN]	44,50	38,56	29,66	5,93	12,97	0,00
M [kNm]	186,88	161,97	124,59	24,92	93,41	0,00

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO						
	STR	GEO	SLE	FREQ.	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	229,18	198,62	152,79	30,56		

## 10.2.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	9
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	53

Strati terreno							MEDIO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{med}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{med}$ [°]	$c'_{med}$ [kPa]	$c_{u,med}$ [kPa]	$W_{med}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	4,88	4,88
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	14,63	14,63
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	24,38	24,38
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	34,13	34,13
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	43,88	43,88
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	53,63	53,63
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	63,38	63,38
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	73,13	73,13
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	82,88	82,88
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	92,63	92,63
11	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,00	5,50	0,50	17,6	32	10	55	2,49	101,90	101,90
12	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,50	6,00	0,50	17,6	32	10	55	2,49	110,70	110,70
13	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,00	6,50	0,50	17,6	32	10	55	2,49	119,50	119,50
14	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,50	7,00	0,50	17,6	32	10	55	2,49	128,30	128,30
15	A1<8.5 Misto	Misto	No	7,00	7,50	0,50	17,6	32	10	55	2,49	137,10	137,10
TOTALE				0,00	7,50	7,50	-	-	-	-	40,01	-	-

Strati terreno							MINIMO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{min}$ [°]	$c'_{min}$ [kPa]	$c_{u,min}$ [kPa]	$W_{min}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19	34	0	0	2,69	4,75	4,75
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19	34	0	0	2,69	14,25	14,25
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19	34	0	0	2,69	23,75	23,75
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19	34	0	0	2,69	33,25	33,25
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19	34	0	0	2,69	42,75	42,75
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19	34	0	0	2,69	52,25	52,25
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19	34	0	0	2,69	61,75	61,75
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19	34	0	0	2,69	71,25	71,25
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19	34	0	0	2,69	80,75	80,75
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19	34	0	0	2,69	90,25	90,25
11	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,00	5,50	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	99,30	99,30
12	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,50	6,00	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	107,90	107,90
13	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,00	6,50	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	116,50	116,50
14	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,50	7,00	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	125,10	125,10
15	A1<8.5 Misto	Misto	No	7,00	7,50	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	133,70	133,70
TOTALE				0,00	7,50	7,50	-	-	-	-	39,02	-	-



		COMPORTAMENTO GRANULARE DEL TERRENO						COMPORTAMENTO COESIVO DEL TERRENO						PORTANZA	
Strati terreno		MEDIO			MINIMO			MEDIO			MINIMO			MEDIO	MINIMO
n. strato	tipo terreno	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]
1	Ri	0,5	1,71	1,61	0,5	1,60	1,51	-	-	-	-	-	-	1,61	1,51
2	Ri	0,5	5,12	4,83	0,5	4,81	4,53	-	-	-	-	-	-	4,83	4,53
3	Ri	0,5	8,53	8,04	0,5	8,01	7,55	-	-	-	-	-	-	8,04	7,55
4	Ri	0,5	11,95	11,26	0,5	11,21	10,57	-	-	-	-	-	-	11,26	10,57
5	Ri	0,5	15,36	14,48	0,5	14,42	13,59	-	-	-	-	-	-	14,48	13,59
6	Ri	0,5	18,77	17,69	0,5	17,62	16,61	-	-	-	-	-	-	17,69	16,61
7	Ri	0,5	22,19	20,91	0,5	20,83	19,63	-	-	-	-	-	-	20,91	19,63
8	Ri	0,5	25,60	24,13	0,5	24,03	22,65	-	-	-	-	-	-	24,13	22,65
9	Ri	0,5	29,01	27,35	0,5	27,23	25,67	-	-	-	-	-	-	27,35	25,67
10	Ri	0,5	32,43	30,56	0,5	30,44	28,69	-	-	-	-	-	-	30,56	28,69
11	A1<8,5 Misto	0,5	41,84	39,43	0,5	33,67	31,73	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
12	A1<8,5 Misto	0,5	44,59	42,02	0,5	36,15	34,07	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
13	A1<8,5 Misto	0,5	47,34	44,61	0,5	38,63	36,41	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
14	A1<8,5 Misto	0,5	50,09	47,20	0,5	41,11	38,75	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
15	A1<8,5 Misto	0,5	52,83	49,80	0,5	43,60	41,09	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
TOTALE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	316,37	220,96

#### SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	○
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	●
Approccio 2	A1+M1+R3	○

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>F</sub>		(A2)
Permanenti	γ <sub>G1</sub>	1,00
Permanenti non strutturali	γ <sub>G2</sub>	1,30
Variabili	γ <sub>Q</sub>	1,30

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>M</sub>		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	γ <sub>φ'</sub>	1,00
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1,00
Coesione non drenata	γ <sub>c<sub>u</sub></sub>	1,00
Peso dell'unità di volume	γ <sub>γ</sub>	1,00

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>R</sub>		(R2)
Base	γ <sub>b</sub>	1,70
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1,45
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	1,60

FATTORI DI CORRELAZIONE ξ		
Numero verticali esplorate	n° vert	1
Fattore medio	ξ3	1,70
Fattore minimo	ξ4	1,70

Considero il peso netto del palo in compressione	Si
Considero il peso del palo in trazione	No
Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA LATERALE		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{d,lm\ lat} [kN]$	316,37	220,96
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{d,k\ lat} [kN]$	186,10	129,98
Valore di progetto a compressione	$Q_{d,comp} [kN]$	128,34	89,64
Valore di progetto a trazione	$Q_{d,trez} [kN]$	116,31	81,24

PESO DEL PALO		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ Ed} [kN]$	13,01	14,00
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	53,01	

PORTANZA TOTALE		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{d,tot\ comp} [kN]$	128,34	89,64
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{d,tot\ trez} [kN]$	116,31	81,24

PORTANZA DI PROGETTO		VENTO	
Portanza di progetto a compressione	$R_{cd} [kN]$	89,64	

PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO
Portanza di progetto	$R_{cd} [kN]$	89,64
Azione di progetto	$E_{cd} [kN]$	52,77
Verifica	$E_{cd}/R_{cd}$	58,87%
		Verificato



### 10.2.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

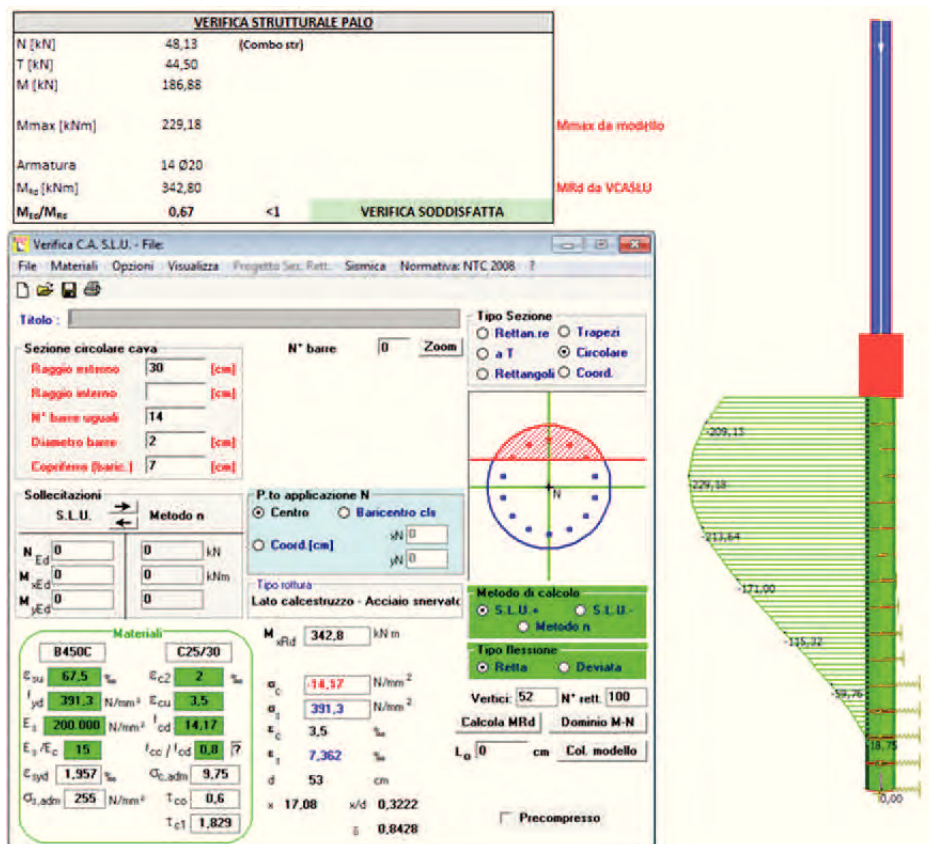
VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	R1		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	34	$\alpha_{\text{terreno}}$	34
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	7,50	$L$ [m]	7,50
$L'=e+L$ [m]	7,50	$L'=e+L$ [m]	7,50
$\varphi'_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\varphi'_{\text{min}} [^\circ]$	34
$k_p$	1,36	$k_p$	1,00
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H1$ [kN]	448,8	$H1$ [kN]	320,6
$f$ [m]	4,3	$f$ [m]	4,3
$M_{\text{max}}$ [kNm]	1294,9	$M_{\text{max}}$ [kNm]	925,0
	>My		>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H2$ [kN]	145,22	$H2$ [kN]	129,81
$f(H)$	104,5	$f(H)$	104,5
$H_{\text{media}}$ [kN]	145,22	$H_{\text{min}}$ [kN]	129,81
$H_{\text{tr,k media}}$ [kN]	85,42	$H_{\text{tr,k min}}$ [kN]	76,36

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr,d media}}$ [kN]	85,42	53,39	65,71
$H_{\text{tr,d min}}$ [kN]	76,36	47,73	58,74
$H_{\text{RES}}$ [kN]	76,36	47,73	58,74
$H_{\text{ES}}$ [kN]	44,50	38,56	44,50
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	58,27%	80,80%	75,75%
	Verificato	Verificato	Verificato



## 10.2.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

### 10.2.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)



### 10.2.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA		
N [kN]	48,13	(Combo str)
T [kN]	44,50	
M [kN]	186,88	
Lato equivalente [mm]	532	
Copri ferro [mm]	70	
Armatura	14 Ø20	
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	4398	
Classe cls	C25/30	
f <sub>ck</sub> cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25	
k [-]	1,66	
p <sub>i</sub> [%]	1,79%	
σ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00	
v <sub>min</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37	
V <sub>Ed</sub> [kN]	173,49	
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Ed</sub>	0,26	<1

**VERIFICA SODDISFATTA**

#### 10.2.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)

**VERIFICA TENSIONALE PALO**

N [kN] 35,18 (Combo rara)  
T [kN] 29,66  
M [kN] 124,59

Mmax [kNm] 152,79

Armatura 14 Ø20  
 $f_{yk}$  [N/mm<sup>2</sup>] 25  
 $f_{yk}$  [N/mm<sup>2</sup>] 450

$\sigma_{cL,max}$  [N/mm<sup>2</sup>] 9,52 <  $\sigma_{cL,lim}$  [N/mm<sup>2</sup>]  $0,60 \cdot f_{cd}$  15,00 VERIFICA SODDISFATTA  
 $\sigma_{sL,max}$  [N/mm<sup>2</sup>] 228,60 <  $\sigma_{sL,lim}$  [N/mm<sup>2</sup>]  $0,8 \cdot f_{yk}$  360,00 VERIFICA SODDISFATTA

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

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

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 30 [cm]  
Raggio interno [cm]  
N° barre uguali 14  
Diametro barre 2 [cm]  
Copriferro [barra] 7 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettang. ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

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

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N 0 35,18 kN  
M 0 152,79 kNm  
M 0 0

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

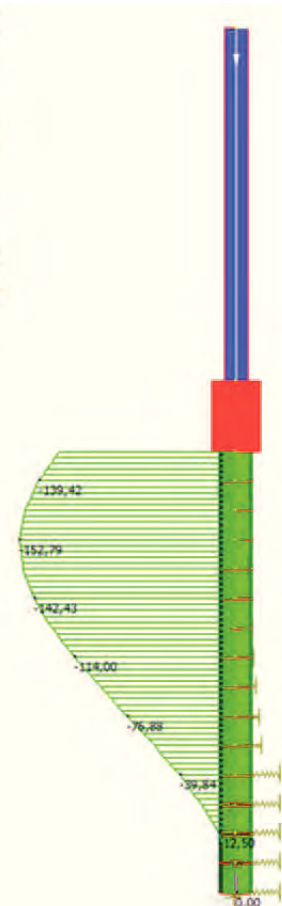
Materiali

B450C C25/30

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

$\sigma_c$  -9,515 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  228,6 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  1,143 ‰  
d 53 cm  
x 20,37 x/d 0,3843  
j 0,3204

Verifica 52  
N° iterazioni: 4  
Precompresso



#### 10.2.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	228,60
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	32
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300
Diametro del palo	d	[mm]	600
Copri ferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	91
Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato



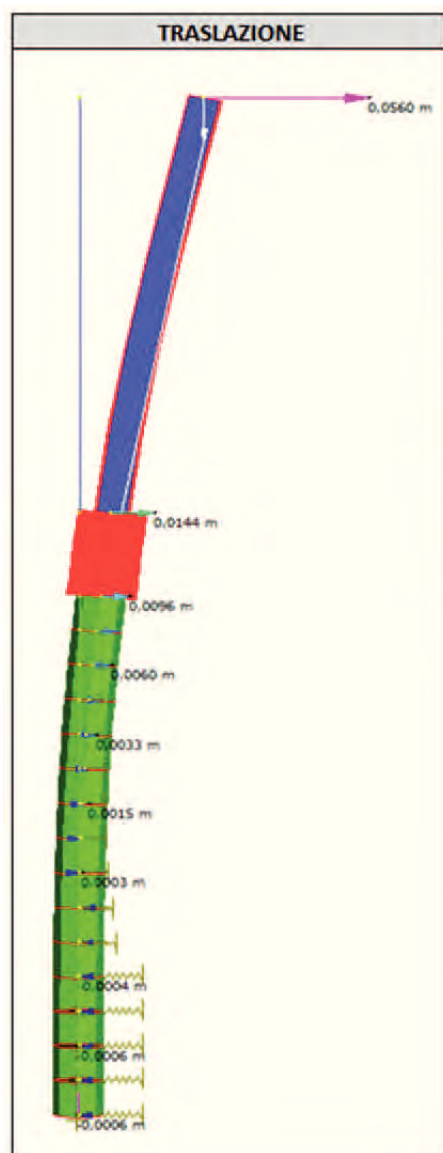
### 10.2.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Diametro palo	d	[m]	0,60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6,36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0,5
Altezza concio	Δz	[m]	0,5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub>	[m]	9,00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	-	-	Ri
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sup>i</sup> medio [°]	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	34
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[-]	3,690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p,α</sub>	[-]	1,364
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[-]	0,370

N° concio	Profondità base concio		Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio	Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della scarpata	Modulo elastico terreno		Rigidezza molle
	Da testa palo	Da piano campagna				Granulare	Coesivo	
[-]	z <sub>palo</sub> [m]	z <sub>ri</sub> [m]	-	k <sub>h</sub> medio [kN/m <sup>3</sup> ]	η [-]	E <sub>gran</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>coes</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]
1	0,50	1,00	Ri	6000	0,370	2218	-	1331
2	1,00	1,50	Ri	6000	0,370	3327	-	1996
3	1,50	2,00	Ri	6000	0,370	4435	-	2661
4	2,00	2,50	Ri	6000	0,370	5544	-	3327
5	2,50	3,00	Ri	6000	0,370	6653	-	3992
6	3,00	3,50	Ri	6000	0,370	7762	-	4657
7	3,50	4,00	Ri	6000	0,370	8871	-	5323
8	4,00	4,50	Ri	6000	0,370	9980	-	5988
9	4,50	5,00	Ri	6000	0,370	11089	-	6653
10	5,00	5,50	Ri	6000	0,370	12198	-	7319
11	5,50	6,00	A1<8.5 Misto	22000	1,000	132000	22'000	13200
12	6,00	6,50	A1<8.5 Misto	22000	1,000	143'000	22'000	13'200
13	6,50	7,00	A1<8.5 Misto	22000	1,000	154'000	22'000	13'200
14	7,00	7,50	A1<8.5 Misto	22000	1,000	165'000	22'000	13'200
15	7,50	8,00	A1<8.5 Misto	22000	1,000	176'000	22'000	13'200



GEOMETRIA			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	6,00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 400
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	2,31E+08
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,236
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,000
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	1,20

VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	5,60
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	6,00
Verificato $E_d < C_d$ - $E_d/C_d = 0,93$		

### 10.3 CASO 12 BARRIERA TRADIZIONALE CORRENTE H=7.00M, INTERASSE MONTANTI 4.00M (INT. 3NC SEZ. 15)

#### 10.3.1 Azioni di verifica

INTERVENTO	3Nc sez.15
------------	------------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	7,00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	HE 360 B

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	33
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	99,00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	0,80
Altezza	H	[m]	0,70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Armatura	As	[-]	14 $\phi 20$
Copriferro	c	[mm]	70
Momento resistente	My	[kNm]	342,80



CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	1,418
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,280
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0,812
Peso della struttura	$P$	[kN]	23,92
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	9,92	14,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	35,84	19,43	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	125,44	135,98	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
N [kN]	33,90	28,12	23,92	23,92	0,00
T [kN]	53,76	46,59	35,84	19,43	0,00
M [kNm]	188,16	163,07	125,44	135,98	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	48,46	39,32	35,12	35,12	0,00
$N_{traz}$ [kN]					
T [kN]	53,76	46,59	35,84	19,43	0,00
M [kNm]	225,79	195,69	150,53	149,58	0,00

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	275,42	238,70	183,62		

### 10.3.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	99
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	53

Strati terreno							MEDIO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{medio}$ [°]	$c'_{medio}$ [kPa]	$c_{u,medio}$ [kPa]	$W_{sat}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	4,88	4,88
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	14,63	14,63
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	24,38	24,38
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	34,13	34,13
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	43,88	43,88
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	53,63	53,63
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	63,38	63,38
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	73,13	73,13
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	82,88	82,88
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	92,63	92,63
11	T1<8.5 Misto	Misto	No	5,00	5,50	0,50	15,1	30	60	55	2,13	101,28	101,28
12	T1<8.5 Misto	Misto	No	5,50	6,00	0,50	15,1	30	60	55	2,13	108,83	108,83
13	T1<8.5 Misto	Misto	No	6,00	6,50	0,50	15,1	30	60	55	2,13	116,38	116,38
14	T1<8.5 Misto	Misto	No	6,50	7,00	0,50	15,1	30	60	55	2,13	123,93	123,93
15	T1<8.5 Misto	Misto	No	7,00	7,50	0,50	15,1	30	60	55	2,13	131,48	131,48
TOTALE				0,00	7,50	7,50	-	-	-	-	38,24	-	-

Strati terreno							MINIMO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{min}$ [°]	$c'_{min}$ [kPa]	$c_{u,min}$ [kPa]	$W_{sat}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19	34	0	0	2,69	4,75	4,75
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19	34	0	0	2,69	14,25	14,25
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19	34	0	0	2,69	23,75	23,75
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19	34	0	0	2,69	33,25	33,25
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19	34	0	0	2,69	42,75	42,75
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19	34	0	0	2,69	52,25	52,25
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19	34	0	0	2,69	61,75	61,75
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19	34	0	0	2,69	71,25	71,25
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19	34	0	0	2,69	80,75	80,75
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19	34	0	0	2,69	90,25	90,25
11	T1<8.5 Misto	Misto	No	5,00	5,50	0,50	13,4	27	30	16	1,89	98,35	98,35
12	T1<8.5 Misto	Misto	No	5,50	6,00	0,50	13,4	27	30	16	1,89	105,05	105,05
13	T1<8.5 Misto	Misto	No	6,00	6,50	0,50	13,4	27	30	16	1,89	111,75	111,75
14	T1<8.5 Misto	Misto	No	6,50	7,00	0,50	13,4	27	30	16	1,89	118,45	118,45
15	T1<8.5 Misto	Misto	No	7,00	7,50	0,50	13,4	27	30	16	1,89	125,15	125,15
TOTALE				0,00	7,50	7,50	-	-	-	-	36,33	-	-



		COMPORTAMENTO GRANULARE DEL TERRENO						COMPORTAMENTO COESIVO DEL TERRENO						PORTANZA	
Strati terreno		MEDIO			MINIMO			MEDIO			MINIMO			MEDIO	MINIMO
n. strato	tipo terreno	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]
1	Ri	0,5	1,71	1,61	0,5	1,60	1,51	-	-	-	-	-	-	1,61	1,51
2	Ri	0,5	5,12	4,83	0,5	4,81	4,53	-	-	-	-	-	-	4,83	4,53
3	Ri	0,5	8,53	8,04	0,5	8,01	7,55	-	-	-	-	-	-	8,04	7,55
4	Ri	0,5	11,95	11,26	0,5	11,21	10,57	-	-	-	-	-	-	11,26	10,57
5	Ri	0,5	15,36	14,48	0,5	14,42	13,59	-	-	-	-	-	-	14,48	13,59
6	Ri	0,5	18,77	17,69	0,5	17,62	16,61	-	-	-	-	-	-	17,69	16,61
7	Ri	0,5	22,19	20,91	0,5	20,83	19,63	-	-	-	-	-	-	20,91	19,63
8	Ri	0,5	25,60	24,13	0,5	24,03	22,65	-	-	-	-	-	-	24,13	22,65
9	Ri	0,5	29,01	27,35	0,5	27,23	25,67	-	-	-	-	-	-	27,35	25,67
10	Ri	0,5	32,43	30,56	0,5	30,44	28,69	-	-	-	-	-	-	30,56	28,69
11	T1<8,5 Misto	0,5	89,24	84,10	0,5	55,06	51,89	0,6	33,00	31,10	0,9	14,40	13,57	31,10	13,57
12	T1<8,5 Misto	0,5	91,42	86,16	0,5	56,76	53,50	0,6	33,00	31,10	0,9	14,40	13,57	31,10	13,57
13	T1<8,5 Misto	0,5	93,59	88,21	0,5	58,47	55,11	-	-	-	-	-	-	88,21	55,11
14	T1<8,5 Misto	0,5	95,77	90,26	0,5	60,18	56,72	0,6	33,00	31,10	0,9	14,40	13,57	31,10	13,57
15	T1<8,5 Misto	0,5	97,95	92,32	0,5	61,88	58,32	0,6	33,00	31,10	0,9	14,40	13,57	31,10	13,57
TOTALE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	373,48	260,37

#### SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	○
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	●
Approccio 2	A1+M1+R3	○

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>f</sub>		(A2)
Permanenti	γ <sub>G1</sub>	1,00
Permanenti non strutturali	γ <sub>G2</sub>	1,30
Variabili	γ <sub>Q</sub>	1,30

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>M</sub>		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	γ <sub>φ'</sub>	1,00
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1,00
Coesione non drenata	γ <sub>c<sub>u</sub></sub>	1,00
Peso dell'unità di volume	γ <sub>γ</sub>	1,00

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>R</sub>		(R2)
Base	γ <sub>b</sub>	1,70
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1,45
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	1,60

FATTORI DI CORRELAZIONE ξ		
Numero verticali esplorate	n° vert	1
Fattore medio	ξ <sub>3</sub>	1,70
Fattore minimo	ξ <sub>4</sub>	1,70



Considero il peso netto del palo in compressione	Si
Considero il peso del palo in trazione	No
Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA LATERALE		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{Rm\ lat} [kN]$	373,48	260,37
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{Rk\ lat} [kN]$	219,69	153,16
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	151,51	105,63
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	137,31	95,73

PESO DEL PALO		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ Ed} [kN]$	14,77	16,68
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	53,01	

PORTANZA TOTALE		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{Rd\ tot\ comp} [kN]$	151,51	105,63
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{Rd\ tot\ traz} [kN]$	137,31	95,73

PORTANZA DI PROGETTO		VENTO
Portanza di progetto a compressione	$R_{cd} [kN]$	105,63

PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO
Portanza di progetto	$R_{cd} [kN]$	105,63
Azione di progetto	$E_{cd} [kN]$	56,01
Verifica	$E_{cd}/R_{cd}$	53,02%
		Verificato

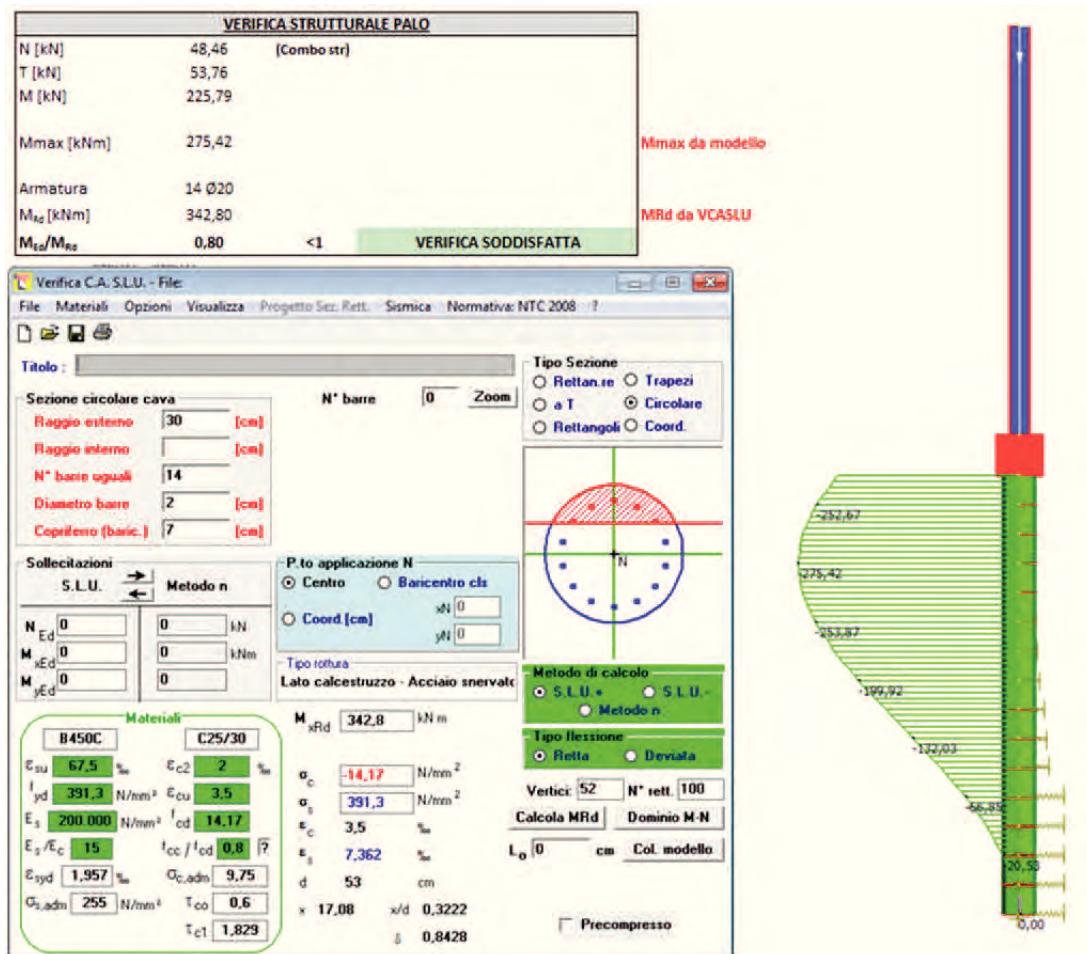
### 10.3.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	R1		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	33	$\alpha_{\text{terreno}}$	33
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	7,50	$L$ [m]	7,50
$L'=e+L$ [m]	7,50	$L'=e+L$ [m]	7,50
$\phi'_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\phi'_{\text{min}} [^\circ]$	34
$k_p$	1,55	$k_p$	1,36
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H1$ [kN]	508,8	$H1$ [kN]	434,8
$f$ [m]	4,3	$f$ [m]	4,3
$M_{\text{max}}$ [kNm]	1467,8	$M_{\text{max}}$ [kNm]	1254,4
	>My		>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H2$ [kN]	192,95	$H2$ [kN]	183,10
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0
$H_{\text{media}}$ [kN]	192,95	$H_{\text{min}}$ [kN]	183,10
$H_{\text{tr,k media}}$ [kN]	113,50	$H_{\text{tr,k min}}$ [kN]	107,71

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr,d media}}$ [kN]	113,50	70,94	87,31
$H_{\text{tr,d min}}$ [kN]	107,71	67,32	82,85
$H_{\text{RES}}$ [kN]	107,71	67,32	82,85
$H_{\text{ES}}$ [kN]	53,76	46,59	53,76
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	49,91%	69,21%	64,89%
	Verificato	Verificato	Verificato

### 10.3.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

#### 10.3.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

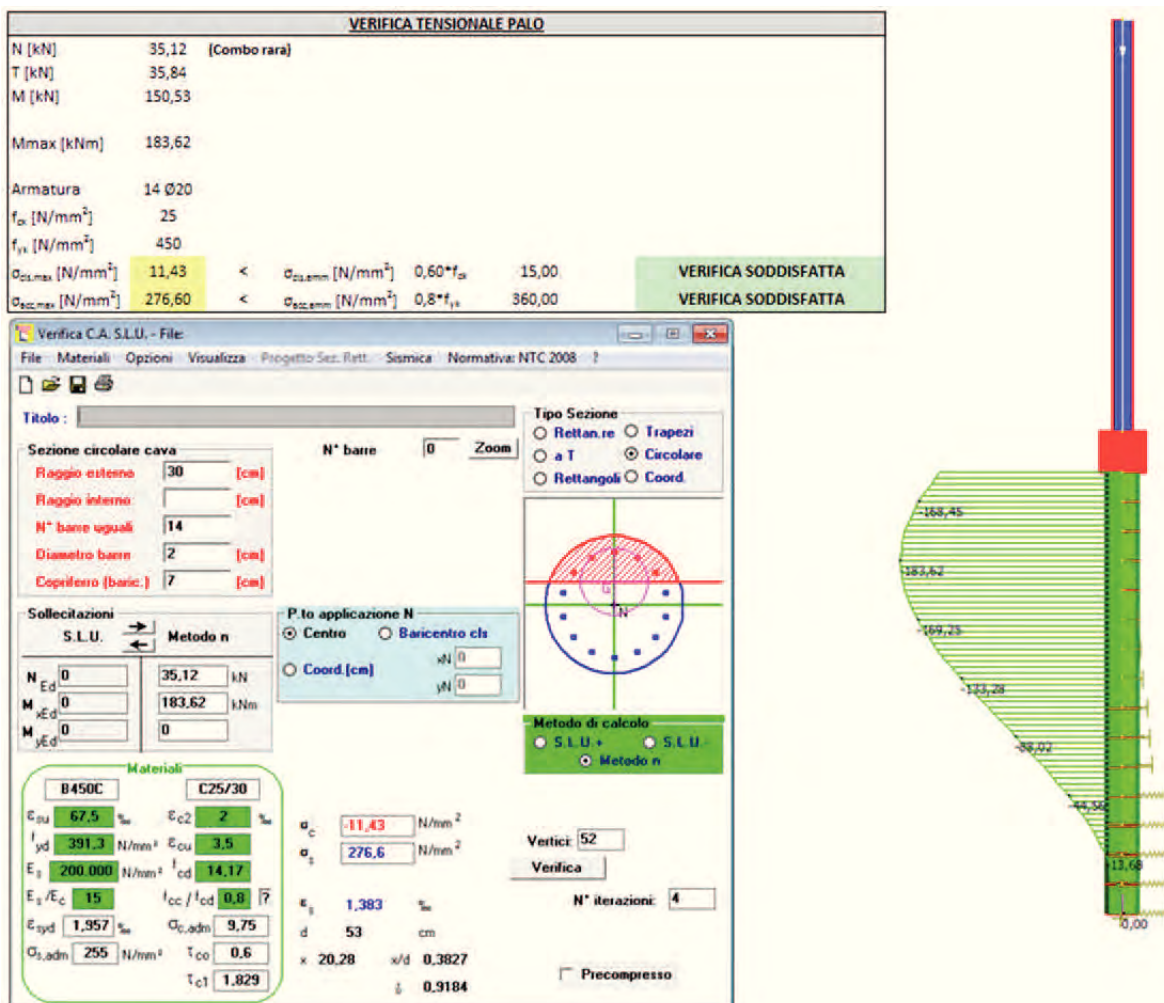


#### 10.3.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA		
N [kN]	48,46	(Combo str)
T [kN]	53,76	
M [kN]	225,79	
Lato equivalente [mm]	532	
Copri ferro [mm]	70	
Armatura	14 Ø20	
Area armatura [mm²]	4398	
Classe cls	C25/30	
f <sub>ck</sub> cls [N/mm²]	25	
k [-]	1,66	
ρ <sub>t</sub> [%]	1,79%	
σ <sub>cp</sub> [N/mm²]	0,00	
V <sub>min</sub> [N/mm²]	0,37	
V <sub>Ed</sub> [kN]	173,49	
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	0,31	<1
VERIFICA SODDISFATTA		



### 10.3.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



### 10.3.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	276,60
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	20
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	250
Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	91
Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato

### 10.3.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

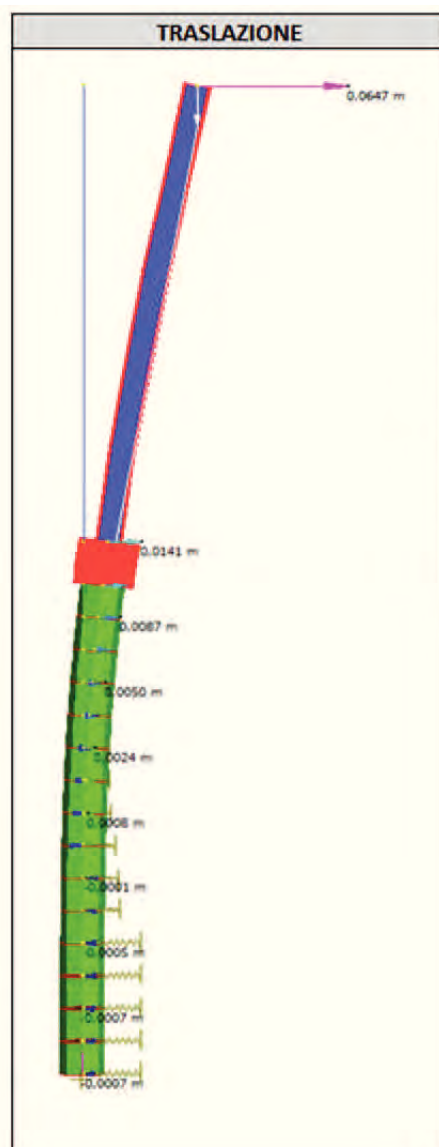
Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Diametro palo	d	[m]	0,60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6,36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0,5
Altezza concio	Δz	[m]	0,5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub>	[m]	99,00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	-	-	Ri
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sup>i</sup> <sub>medio</sub> [°]	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	33
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[-]	3,690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p,α</sub>	[-]	1,546
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[-]	0,419

N° CONCIO	Profondità base concio		Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio	Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della scarpata	Modulo elastico terreno		Rigidezza molle
	Da testa palo	Da piano campagna				Granulare	Coesivo	
[-]	z <sub>palo</sub> [m]	z <sub>ri</sub> [m]	-	k <sub>h medio</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	η [-]	E <sub>gran</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>coes</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]
1	0,50	1,00	Ri	6000	0,419	2514	-	1508
2	1,00	1,50	Ri	6000	0,419	3771	-	2262
3	1,50	2,00	Ri	6000	0,419	5028	-	3017
4	2,00	2,50	Ri	6000	0,419	6285	-	3771
5	2,50	3,00	Ri	6000	0,419	7542	-	4525
6	3,00	3,50	Ri	6000	0,419	8799	-	5279
7	3,50	4,00	Ri	6000	0,419	10056	-	6033
8	4,00	4,50	Ri	6000	0,419	11312	-	6787
9	4,50	5,00	Ri	6000	0,419	12569	-	7542
10	5,00	5,50	Ri	6000	0,419	13826	-	8296
11	5,50	6,00	T1<8,5 Misto	22000	1,000	132000	22'000	13200
12	6,00	6,50	T1<8,5 Misto	22000	1,000	143'000	22'000	13'200
13	6,50	7,00	T1<8,5 Misto	22000	1,000	154'000	22'000	13'200
14	7,00	7,50	T1<8,5 Misto	22000	1,000	165'000	22'000	13'200
15	7,50	8,00	T1<8,5 Misto	22000	1,000	176'000	22'000	13'200



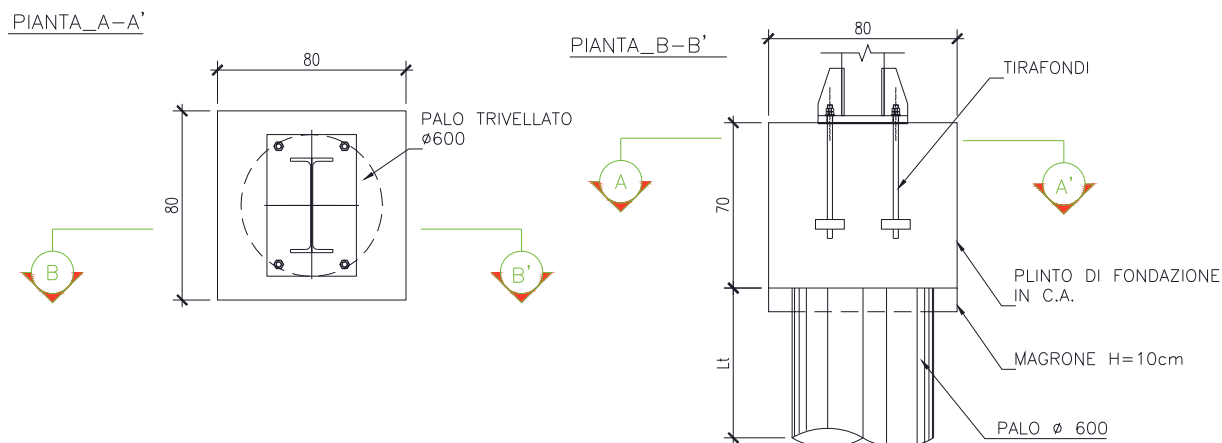


GEOMETRIA			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	7,00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	HE 360 B
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	4,32E+08
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,280
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,000
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	0,70

VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	6,47
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	7,00
Verificato $E_d < C_d$ - $E_d/C_d = 0,92$		

#### 10.4 VERIFICA STRUTTURALE DEL PLINTO

In progetto sono presenti plinti di dimensioni in pianta 80x80 cm e altezza pari a 70 e 120. L'armatura prevista per le diverse tipologie è costituita da staffe 4+4Ø16.



Le sollecitazioni agenti sul plinto sono ottenute trasportando a testa palo (a favore di sicurezza invece del trasporto al baricentro del plinto) le sollecitazioni al piede del montante precedentemente determinate. Per brevità si riportano solamente le verifiche più gravose, ovvero quelle relative alla famiglia 7,00\_Corrente - Rilevato\_6,5 - interasse\_4,00 (plinto 0.70 m).

	Base montante	Testa palo
$N_{SLU}$ [kN]	33.90	48.46
$V_{SLU}$ [kN]	53.76	53.76
$M_{SLU}$ [kNm]	188.16	225.79

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

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

Titolo : [ ]

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	80	80

N°	As [cm²]	d [cm]
1	8,04	5
2	8,04	75

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

Diagramma di sezione:

Sollecitazioni  
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

	S.L.U.	Metodo n
N <sub>Ed</sub>	48,46	0 kN
M <sub>xEd</sub>	225,79	0 kNm
M <sub>yEd</sub>	0	0

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali  
 B450C C28/35  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  15,87  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,6667  
 $\tau_{c1}$  1,971

M<sub>xRd</sub> 251,4 kNm  
 $\sigma_c$  -15,87 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  56,98 ‰  
 d 75 cm  
 x 4,34 x/d 0,05787  
 $\delta$  0,7

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

VERIFICA A PRESSO/TENSO-FLESSIONE RETTA			
Momento flettente massimo	M <sub>Ed</sub>	[kNm]	225,79
Momento resistente di calcolo	M <sub>Rd</sub> (N <sub>Ed</sub> )	[kNm]	251,40
Verifica	M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub>	[-]	89,81%

VERIFICA A TAGLIO - SENZA ARMATURA			
Coefficiente	k	[-]	1,52
Rapporto geometrico armatura longitudinale	$\rho_l$	[%]	0,13%
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm²]	0,08
Taglio adimensionale minimo	v <sub>min</sub>	[N/mm²]	0,35
Resistenza a taglio di calcolo	V <sub>Rd</sub>	[kN]	214,31
Verifica	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	[-]	25,08%



## 10.5 RIEPILOGO FONDAZIONI PLINTO SU PALO SINGOLO

Per il quadro completo del dimensionamento dei plinti su palo singolo si rimanda alla **Tabella 10.2**.

Tabella 10.2 – Riepilogo fondazioni plinti su palo singolo

Microintervento	Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento	Lunghezza Microintervento	Lunghezza intervento elementare	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Interasse montanti	Lunghezze pali	Armatura longitudinale
1S		585+238	586+082	870.50							
	1Sa-1				76.00						
	1Sa-1					60.00	3.00	3.50	4.00	6.00	14φ16
	1Sa-1					12.00	3.00	4.00	4.00	6.00	14φ16
	1Sa-1					4.00	3.00	3.50	4.00	6.00	14φ16
	1Sa-2				22.50						
	1Sb				144.00						
	1Sb					24.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	1Sb					20.00	6.00	7.00	4.00	7.50	14φ20
	1Sb					100.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	1Sc				92.00						
	1Sc					60.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	1Sc					32.00	6.00	6.00	4.00	7.50	14φ20
	1Sd				156.00						
	1Sd					156.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	1Se				72.00						
	1Se					32.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	1Se					40.00	4.50	4.50	4.00	6.00	14φ16
	1Sf1				36.00						
	1Sf1					20.00	3.50	4.00	4.00	6.00	14φ16

Microintervento	Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento	Lunghezza Microintervento	Lunghezza intervento elementare	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Interasse montanti	Lunghezze pali	Armatura longitudinale
	1Sf2				56.00						
	1Sf2					4.00	3.50	4.00	4.00	6.00	14φ16
	1Sf2					24.00	3.50	4.50	6.00	6.00	14φ16
	1Sf2					12.00	3.50	4.00	6.00	6.00	14φ16
	1Sf3				216.00						
	1Sf3					216.00	3.50	4.50	6.00	6.00	14φ16
R		586+082	586+318	236.00							
	R1				72.00						
	R1					42.00	3.50	4.50	6.00	6.00	14φ16
	R1					30.00	3.50	4.00	6.00	6.00	14φ16
	R2				164.00						
	R2					8.00	4.50	4.50	4.00	6.00	14φ16
	R2					64.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	R2					88.00	4.50	5.50	4.00	6.00	14φ16
	R2					4.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
2S		586+318	586+766	453.75							
	2Sa				24.00						
	2Sa					4.00	5.00	5.50	4.00	6.00	14φ16
	2Sb				120.00						
	2Sb					4.00	6.00	6.00	4.00	7.50	14φ20
	2Sb					16.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	2Sb					40.00	6.00	7.00	4.00	7.50	14φ20

Microintervento	Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento	Lunghezza Microintervento	Lunghezza intervento elementare	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Interasse montanti	Lunghezze pali	Armatura longitudinale
	2Sb					16.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	2Sb					44.00	6.00	7.00	4.00	7.50	14φ20
	2Sc				144.00						
	2Sc					24.00	6.00	6.50	3.00	7.50	14φ20
	2Sd				33.75						
	2Se				72.00						
	2Se					12.00	6.00	6.50	3.00	7.50	14φ20
	2Sf				40.00						
	2Sf					40.00	5.50	6.00	4.00	6.00	14φ16
	2Sg				20.00						
	2Sg					16.00	3.00	3.50	4.00	6.00	14φ16
	2Sg					4.00	3.00	3.00	4.00	6.00	14φ16
1N		586+643	585+326	1346.75							
	1Ne				33.75						
	1Nd				540.00						
	1Nd					20.00	6.00	6.00	4.00	7.50	14φ20
	1Nd					88.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	1Nd					20.00	6.00	7.00	4.00	7.50	14φ20
	1Nd					140.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	1Nd					244.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	1Nc				178.00						
	1Nc					4.00	3.00	3.50	4.00	6.00	14φ16
	1Nc					12.00	3.00	3.00	4.00	6.00	14φ16

Microintervento	Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento	Lunghezza Microintervento	Lunghezza intervento elementare	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Interasse montanti	Lunghezze pali	Armatura longitudinale
	1Nc					6.00	3.00	3.50	6.00	6.00	14φ16
	1Nc					18.00	3.00	3.00	6.00	6.00	14φ16
	1Nc					24.00	3.00	3.50	6.00	6.00	14φ16
	1Nc					36.00	3.00	3.00	6.00	6.00	14φ16
	1Nc					6.00	3.00	3.50	6.00	6.00	14φ16
	1Nc					6.00	3.00	3.00	6.00	6.00	14φ16
	1Nc					36.00	3.00	3.50	6.00	6.00	14φ16
	1Nb				99.00						
	1Na				496.00						
	1Na					52.00	4.50	4.50	4.00	6.00	14φ16
	1Na					32.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	1Na					48.00	4.50	5.50	4.00	6.00	14φ16
	1Na					36.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	1Na					160.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	1Na					132.00	4.50	5.50	4.00	6.00	14φ16
R		586+764	586+636	128.00							
	R				128.00						
2N		586+800	586+756,80	40.00							
	2Na				40.00						
	2Na					32.00	4.50	5.00	4.00	6.00	14φ16
	2Na					8.00	4.50	4.50	4.00	6.00	14φ16



Microintervento	Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento	Lunghezza Microintervento	Lunghezza intervento elementare	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Interasse montanti	Lunghezze pali	Armatura longitudinale
3N		587+796	586+818	994.00							
	3Nd				286.00						
	3Nd					28.00	3.00	3.50	4.00	6.00	14φ16
	3Nd					36.00	3.00	3.00	6.00	6.00	14φ16
	3Nd					18.00	3.00	3.50	6.00	6.00	14φ16
	3Nd					186.00	3.00	4.00	6.00	6.00	14φ16
	3Nc				208.00						
	3Nc					52.00	6.00	7.00	4.00	7.50	14φ20
	3Nc					152.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	3Nb				276.00						
	3Nb					12.00	6.00	6.50	4.00	7.50	14φ20
	3Nb					264.00	6.00	6.00	4.00	7.50	14φ20
	3Na				224.00						
	3Na					8.00	5.00	5.00	4.00	6.00	14φ16
	3Na					144.00	5.00	5.50	4.00	6.00	14φ16
	3Na					8.00	5.00	6.00	4.00	6.00	14φ16
	3Na					40.00	5.00	5.50	4.00	6.00	14φ16
	3Na					21.00	5.00	5.50	3.00	6.00	14φ16
	3Na					3.00	5.00	6.00	3.00	6.00	14φ16

## 11. VERIFICHE DEL CORDOLO SU PALI PER BARRIERA TRADIZIONALE

### 11.1 INTERVENTO 1NB MONTANTI 1-34, 1NA\_1 MONTANTI 34-36, 1NA\_2 MONTANTI 1-4

Le verifiche riportate di seguito si riferiscono al tratto di intervento 1Na\_1 compreso tra i montanti 34 e 36, e all'intervento 1Nb compreso tra i montanti 1 e 34. L'intervento 1Na\_2, da montante 1 a montante 4, fondato su pali ad interasse pari a 2.00, presentando i montanti e i pali ad interasse minore rispetto all'intervento 1Na\_1 ed essendo a questo contiguo, viene dimensionato facendo riferimento ai risultati ottenuti per quest'ultimo.

#### 11.1.1 Azioni di verifica

INTERVENTO			1Na1	1Nb
GEOMETRIA MONTANTE				
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	4,50	6,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00	3,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00	3,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0	45
Profilo montante	-	[-]	IPE 300	HE 400 B
GEOMETRIA TERRENO				
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	0	
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	27,00	
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0	
GEOMETRIA PALO				
Diametro palo	D	[m]	0,60	
Lunghezza palo	L	[m]	12,00	
Tipologia palo	-	-	Trivellato	
GEOMETRIA PLINTO				
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80	
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-	
Altezza	H	[m]	0,70	
ARMATURA PALO				
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14	
Diametro barre longitudinali	$\phi_{barre}$	[mm]	20	
Armatura	As	[-]	14 Ø20	
Copriferro	c	[mm]	70	
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	342,80	da VCASLU

CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	1.553
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.234
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.209
Carico neve sullo sbraccio	$q_{neve}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.28
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0.723
Peso della struttura	P	[kN]	30.53
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE H=4,50 m					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1.90	9.00	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	28.06	8.85	0.00
M [kNm]	0.00	0.00	63.14	39.83	0.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE H=4,50 m					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	15.97	13.60	10.90	10.90	0.00
T [kN]	42.09	36.48	28.06	8.85	0.00
M [kNm]	94.71	82.08	63.14	39.83	0.00

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE H=6,50+3,00 m					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	14.75	14.25	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	32.08	23.55	0.00
M [kNm]	1.34	4.77	169.56	153.07	0.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE H=6,50+3,00 m					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	40.55	33.28	29.00	29.00	0.00
T [kN]	48.13	41.71	32.08	23.55	0.00
M [kNm]	263.25	227.98	175.68	159.18	6.12

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	152.34	120.07	114.15		
$N_{traz}$ [kN]					
$T$ [kN]	50.58	43.81	33.74		
$M$ [kNm]	241.94	209.42	161.64		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	259.98	225.02	173.64		
$T_{MAX}$ [kN]	73.57	63.67	49.14		

### 11.1.1 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	12.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	27
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	85

Strati terreno					
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]
1	T1<8,5 Misto	Misto	No	0.00	0.50
2	T1<8,5 Misto	Misto	No	0.50	1.00
3	T1<8,5 Misto	Misto	No	1.00	1.50
4	T1<8,5 Misto	Misto	No	1.50	2.00
5	T1<8,5 Misto	Misto	No	2.00	2.50
6	T1<8,5 Misto	Misto	No	2.50	3.00
7	T1<8,5 Misto	Misto	No	3.00	3.50
8	T1<8,5 Misto	Misto	No	3.50	4.00
9	T1<8,5 Misto	Misto	No	4.00	4.50
10	T1<8,5 Misto	Misto	No	4.50	5.00
11	T1<8,5 Misto	Misto	No	5.00	5.50
12	T1<8,5 Misto	Misto	No	5.50	6.00
13	T1<8,5 Misto	Misto	No	6.00	6.50
14	T1<8,5 Misto	Misto	No	6.50	7.00
15	T1<8,5 Misto	Misto	No	7.00	7.50
16	T1<8,5 Misto	Misto	No	7.50	8.00
17	T1<8,5 Misto	Misto	No	8.00	8.50
18	T1>8,5 Misto	Misto	No	8.50	9.00
19	T1>8,5 Misto	Misto	No	9.00	9.50
20	T1>8,5 Misto	Misto	No	9.50	10.00
21	T1>8,5 Misto	Misto	No	10.00	10.50
22	T1>8,5 Misto	Misto	No	10.50	11.00
23	T1>11,0 Misto	Misto	No	11.00	11.50
24	T1>11,0 Misto	Misto	No	11.50	12.00
25				12.00	12.50
26				12.50	13.00
27				13.00	13.50
28				13.50	14.00
29				14.00	14.50
30				14.50	15.00
31				15.00	15.50
32				15.50	16.00
TOTALE				0.00	12.00



**PORTANZA LATERALE**

$\Delta z$ [m]	MEDIO							MINIMO						
	$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{medio}$ [°]	$C'_{medio}$ [kPa]	$Cu_{medio}$ [kPa]	$W_{terr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{min}$ [°]	$C'_{min}$ [kPa]	$Cu_{min}$ [kPa]	$W_{terr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0.50	15.1	30	60	55	2.13	3.78	3.78	13.4	27	30	16	1.89	3.35	3.35
0.50	15.1	30	60	55	2.13	11.33	11.33	13.4	27	30	16	1.89	10.05	10.05
0.50	15.1	30	60	55	2.13	18.88	18.88	13.4	27	30	16	1.89	16.75	16.75
0.50	15.1	30	60	55	2.13	26.43	26.43	13.4	27	30	16	1.89	23.45	23.45
0.50	15.1	30	60	55	2.13	33.98	33.98	13.4	27	30	16	1.89	30.15	30.15
0.50	15.1	30	60	55	2.13	41.53	41.53	13.4	27	30	16	1.89	36.85	36.85
0.50	15.1	30	60	55	2.13	49.08	49.08	13.4	27	30	16	1.89	43.55	43.55
0.50	15.1	30	60	55	2.13	56.63	56.63	13.4	27	30	16	1.89	50.25	50.25
0.50	15.1	30	60	55	2.13	64.18	64.18	13.4	27	30	16	1.89	56.95	56.95
0.50	15.1	30	60	55	2.13	71.73	71.73	13.4	27	30	16	1.89	63.65	63.65
0.50	15.1	30	60	55	2.13	79.28	79.28	13.4	27	30	16	1.89	70.35	70.35
0.50	15.1	30	60	55	2.13	86.83	86.83	13.4	27	30	16	1.89	77.05	77.05
0.50	15.1	30	60	55	2.13	94.38	94.38	13.4	27	30	16	1.89	83.75	83.75
0.50	15.1	30	60	55	2.13	101.93	101.93	13.4	27	30	16	1.89	90.45	90.45
0.50	15.1	30	60	55	2.13	109.48	109.48	13.4	27	30	16	1.89	97.15	97.15
0.50	15.1	30	60	55	2.13	117.03	117.03	13.4	27	30	16	1.89	103.85	103.85
0.50	15.1	30	60	55	2.13	124.58	124.58	13.4	27	30	16	1.89	110.55	110.55
0.50	15.1	30	60	55	2.13	132.13	132.13	13.4	27	30	30	1.89	117.25	117.25
0.50	15.1	30	60	55	2.13	139.68	139.68	13.4	27	30	30	1.89	123.95	123.95
0.50	15.1	30	60	55	2.13	147.23	147.23	13.4	27	30	30	1.89	130.65	130.65
0.50	15.1	30	60	55	2.13	154.78	154.78	13.4	27	30	30	1.89	137.35	137.35
0.50	15.1	30	60	55	2.13	162.33	162.33	13.4	27	30	30	1.89	144.05	144.05
0.50	15.1	30	60	100	2.13	169.88	169.88	13.4	27	30	45	1.89	150.75	150.75
0.50	15.1	30	60	100	2.13	177.43	177.43	13.4	27	30	45	1.89	157.45	157.45
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
12.00	-	-	-	-	51.23	-	-	-	-	-	-	45.47	-	-

[illegible]

## SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_r$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1.00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1.30
Variabili	$\gamma_Q$	1.30

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$\gamma_\psi$	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00
Coesione non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_y$	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_n$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1.70
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.45
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	n° veri	1
Fattore medio	$\xi_3$	1.70
Fattore minimo	$\xi_4$	1.70



**PORTANZA TOTALE**

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA DI BASE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata di base	$Q_{bm\ base} [kN]$	304.63	159.03
Valore caratteristico portata di base	$Q_{sk\ base} [kN]$	179.20	93.55
Valore di progetto portata di base	$Q_{Rd\ base} [kN]$	105.41	55.03

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{bm\ lat} [kN]$	759.64	411.67
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{sk\ lat} [kN]$	446.85	242.16
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	308.17	167.01
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	279.28	151.35

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{Rd\ tot\ comp} [kN]$	308.17	167.01
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{Rd\ tot\ traz} [kN]$	279.28	151.35

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} [kN]$	167.01
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} [kN]$	151.35

**VERIFICA**

Considero il peso del palo in compressione	Si - Netto
Considero il peso totale del palo in trazione	No

AZIONI DI PROGETTO		VENTO	URTO	SISMA
Carico di compressione testa palo	$N_{comp\ Ed} [kN]$	120.07	0.00	-
Carico di trazione testa palo	$N_{traz\ Ed} [kN]$	0.00	0.00	-
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ medio\ Ed} [kN]$	33.59	33.59	-
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ min\ Ed} [kN]$	39.36	39.36	-
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	84.82	84.82	-

VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{c,d} [kN]$	167.01	167.01	-
Azione di progetto	$E_{c,d} [kN]$	159.43	39.36	-
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	95.46%	23.57%	-
		Verificato	Verificato	-

VERIFICA DI PORTANZA IN TRAZIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{t,d} [kN]$	151.35	151.35	-
Azione di progetto	$E_{t,d} [kN]$	0.00	0.00	-
Verifica	$E_{t,d}/R_{t,d}$	0.00%	0.00%	-
		Verificato	Verificato	-

### 11.1.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	T1<8.5 Misto		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	0	$\alpha_{\text{terreno}}$	0
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	12,00	$L$ [m]	12,00
$L'=e+L$ [m]	12,00	$L'=e+L$ [m]	12,00
$\Phi_{\text{medio}}$ [°]	30	$\Phi_{\text{min}}$ [°]	27
$k_p$	3,00	$k_p$	2,66
$\gamma_{\text{medio}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	15,1	$\gamma_{\text{min}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	13,4
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H_1$ [kN]	1957,0	$H_1$ [kN]	1541,5
$f$ [m]	6,9	$f$ [m]	6,9
$M_{\text{max}}$ [kNm]	9033,3	$M_{\text{max}}$ [kNm]	7115,7
	>My		>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H_2$ [kN]	220,99	$H_2$ [kN]	204,10
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0
$H_{\text{medio}}$ [kN]	220,99	$H_{\text{min}}$ [kN]	204,10
$H_{\text{tr},k \text{ medio}}$ [kN]	130,00	$H_{\text{tr},k \text{ min}}$ [kN]	120,06

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr},d \text{ medio}}$ [kN]	130,00	81,25	100,00
$H_{\text{tr},d \text{ min}}$ [kN]	120,06	75,04	92,35
$H_{\text{RES}}$ [kN]	120,06	75,04	92,35
$H_{\text{ES}}$ [kN]	50,58	43,81	50,58
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	42,13%	58,39%	54,77%
	Verificato	Verificato	Verificato



Comportamento non drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	T1<8.5 Coesivo		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu <sub>media</sub> [kPa]	55	Cu <sub>min</sub> [kPa]	16
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	12,00	L [m]	12,00
L'=e+L [m]	12,00	L'=e+L [m]	12,00
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
H1 [kN]	1223,11	H1 [kN]	355,81
f [m]	4,1	f [m]	4,1
Mmax [kNm]	3619,3	Mmax [kNm]	1052,9
Z <sub>momento massimo</sub> [m]	5,0	Z <sub>momento massimo</sub> [m]	5,0
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H2 [kN]	257,17	H2 [kN]	177,74
f [m]	0,9	f [m]	2,1
Z <sub>cerniera</sub> [m]	1,8	Z <sub>cerniera</sub> [m]	3,0
H <sub>media</sub> [kN]	257,17	H <sub>min</sub> [kN]	177,74
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	151,28	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	104,56

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	151,28	94,55	116,37
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	104,56	65,35	80,43
H <sub>RES</sub> [kN]	104,56	65,35	80,43
H <sub>ES</sub> [kN]	50,58	43,81	50,58
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	48,38%	67,04%	62,89%
	Verificato	Verificato	Verificato

### 11.1.3 Verifiche strutturali del palo di fondazione

#### 11.1.3.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	152,34	(Combo str)
T [kN]	50,58	
M [kNm]	241,94	
Mmax [kNm]	259,98	Minori da modello
Armatura	14 Ø20	
M <sub>Ed</sub> [kNm]	342,80	MEd da VCASLU
M <sub>Ed</sub> /M <sub>Rd</sub>	0,76	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

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

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

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 30 [cm]

Raggio interno [cm]

N° barre uguali 14

Diametro barre 2 [cm]

Copri ferro (baric.) 7 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettang. ☐ Trapez. ☐ a T ☐ Circolare ☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N 0 [kN]

Ed 0 [kNm]

M 0 [kNm]

M 0 [kNm]

P.to applicazione N

☐ Centro ☐ Baricentro cls

Coord [cm] xN 0 yN 0

Tipo sollecitazione

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo

☐ S.L.U. ☐ Metodo n

Tipo flessione

☐ Flessa ☐ Devoluta

Vertici: 52 N° rett: 100

Calcola MEd Dominio M-N

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

Materiali

B450C C25/30

f<sub>yk</sub> 67,5 % f<sub>yk</sub> 2 %

f<sub>td</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup> f<sub>td</sub> 3,5

E<sub>s</sub> 200.000 N/mm<sup>2</sup> f<sub>cd</sub> 14,17

E<sub>c</sub>/E<sub>s</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,87

σ<sub>yk</sub> 1,957 % σ<sub>c,adm</sub> 9,75

σ<sub>c,adm</sub> 255 N/mm<sup>2</sup> τ<sub>co</sub> 0,6

τ<sub>ct</sub> 1,829

M<sub>Ed</sub> 342,8 kNm

σ<sub>c</sub> 14,37 N/mm<sup>2</sup>

σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm<sup>2</sup>

ε<sub>c</sub> 3,5

ε<sub>s</sub> 7,362

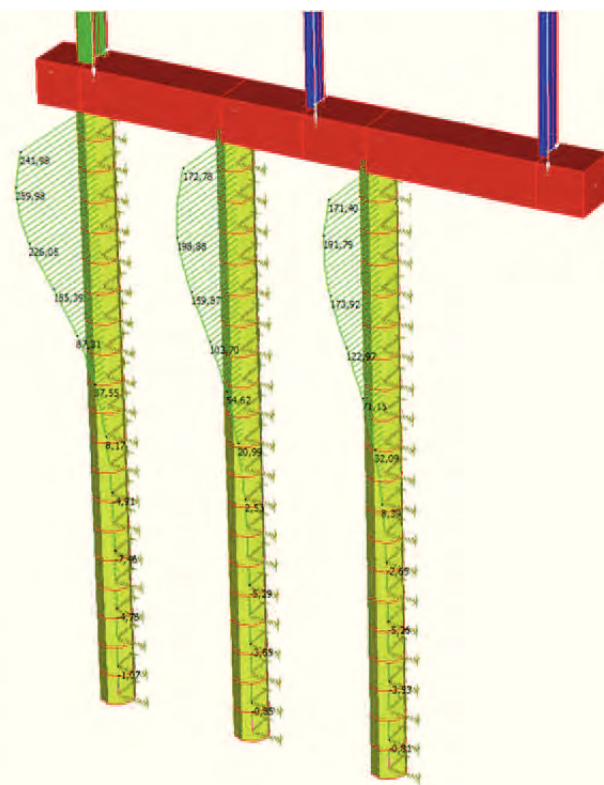
d 53 cm

h 17,08

s/d 0,3222

δ 0,8428

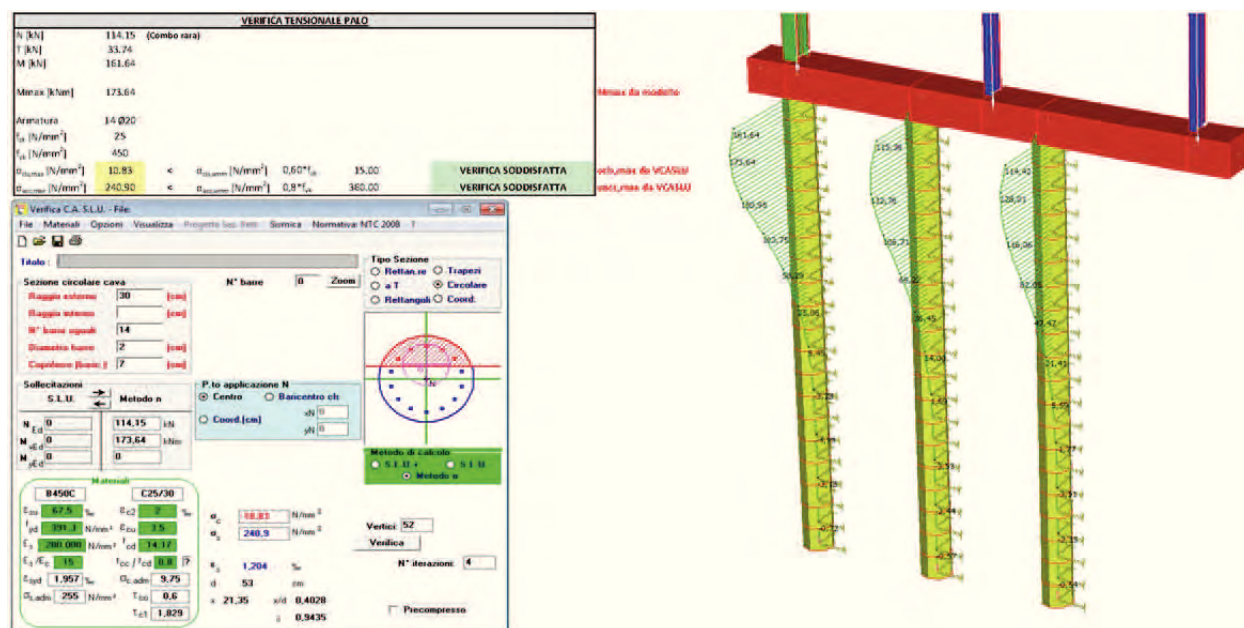
Precompresso



#### 11.1.3.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA			
N [kN]	152,34	(Combo str)	
T [kN]	50,58		
M [kNm]	241,94		
Lato equivalente [mm]	532		
Copri ferro [mm]	70		
Armatura	14 Ø20		
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	4398		
Classe cls	C25/30		
f <sub>ck</sub> cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
k [-]	1,66		
ρ <sub>i</sub> [%]	1,79%		
σ <sub>mp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00		
V <sub>min</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37		
V <sub>Rd</sub> [kN]	173,49		
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	0,29	<1	VERIFICA SODDISFATTA

### 11.1.3.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



### 11.1.3.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm²]	240,90
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	20
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	250
Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	91
Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato

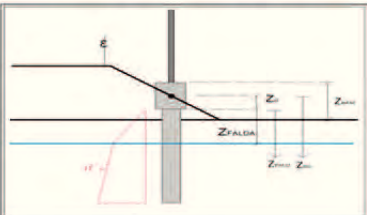


### 11.1.4 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	$L_p$	[m]	12.00
Diametro palo	$d$	[m]	0.60
Modulo d'inerzia del palo	$I_p$	[m <sup>4</sup> ]	6.344-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{cd}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	$E$	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

Approfondimento testa palo	$d_p$	[m]	0.5
Altezza concio	$d_c$	[m]	0.5
Profondità falda da testa palo	$d_{fa}$	[m]	27.00

Strato inclinato più superficiale della scarpa	$\alpha$	[°]	30
Angolo di attrito interno medio della scarpa	$\phi_{int}$	[°]	30
Angolo di inclinazione della scarpa	$\alpha$	[°]	0
Coefficiente di spinta passiva per scarpa orizzontale	$k_{p,0}$	[-]	3.000
Coefficiente di spinta passiva per scarpa inclinata	$k_{p,\alpha}$	[-]	3.000
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	$\eta$	[-]	1.000

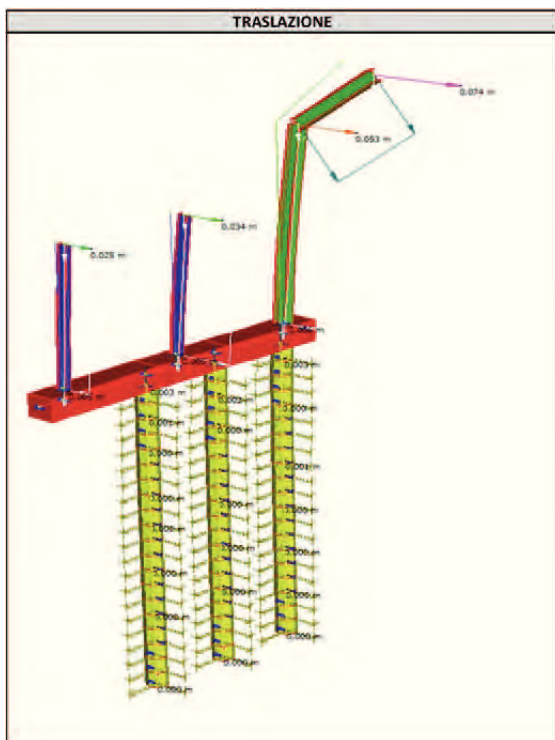


N° concio	Profondità base concio	Terreno	Tensioni verticali drenate	Sovrapressioni interstiziali	Tensioni verticali efficaci	Coazione non drenata media	Modulo di reazione	Fattore di rigidezza	Coefficiente di riduzione per inclinazione della	Modulo elastico terreno	Rigidezza mole	Coefficiente di rotolamento
[i]	$d_{b,i}$ [m]	$d_{c,i}$ [m]	$\sigma_{v,i}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$u_{v,i}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{v,i}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{u,i}$ [kPa]	$K_{u,i}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$T$ [m]	$\beta$ [1/m]	$E_{p,i}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{s,i}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\lambda$ [kN/m]
1	0.50	1.00	7.55	0.00	7.55	55	22.000	1.56	0.36	1.000	22.000	13.200
2	1.00	1.50	15.10	0.00	15.10	55	22.000	1.56	0.36	1.000	33.000	13.200
3	1.50	2.00	22.65	0.00	22.65	55	22.000	1.56	0.36	1.000	44.000	13.200
4	2.00	2.50	30.20	0.00	30.20	55	22.000	1.56	0.36	1.000	55.000	13.200
5	2.50	3.00	37.75	0.00	37.75	55	22.000	1.56	0.36	1.000	66.000	13.200
6	3.00	3.50	45.30	0.00	45.30	55	22.000	1.56	0.36	1.000	77.000	13.200
7	3.50	4.00	52.85	0.00	52.85	55	22.000	1.56	0.36	1.000	88.000	13.200
8	4.00	4.50	60.40	0.00	60.40	55	22.000	1.56	0.36	1.000	99.000	13.200
9	4.50	5.00	67.95	0.00	67.95	55	22.000	1.56	0.36	1.000	110.000	13.200
10	5.00	5.50	75.50	0.00	75.50	55	22.000	1.56	0.36	1.000	121.000	13.200
11	5.50	6.00	83.05	0.00	83.05	55	22.000	1.56	0.36	1.000	132.000	13.200
12	6.00	6.50	90.60	0.00	90.60	55	22.000	1.56	0.36	1.000	143.000	13.200
13	6.50	7.00	98.15	0.00	98.15	55	22.000	1.56	0.36	1.000	154.000	13.200
14	7.00	7.50	105.70	0.00	105.70	55	22.000	1.56	0.36	1.000	165.000	13.200
15	7.50	8.00	113.25	0.00	113.25	55	22.000	1.56	0.36	1.000	176.000	13.200
16	8.00	8.50	120.80	0.00	120.80	55	22.000	1.56	0.36	1.000	187.000	13.200
17	8.50	9.00	128.35	0.00	128.35	55	22.000	1.56	0.36	1.000	198.000	13.200
18	9.00	9.50	135.90	0.00	135.90	55	22.000	1.56	0.36	1.000	209.000	13.200
19	9.50	10.00	143.45	0.00	143.45	55	22.000	1.56	0.36	1.000	220.000	13.200
20	10.00	10.50	151.00	0.00	151.00	55	22.000	1.56	0.36	1.000	231.000	13.200
21	10.50	11.00	158.55	0.00	158.55	55	22.000	1.56	0.36	1.000	242.000	13.200
22	11.00	11.50	166.10	0.00	166.10	55	22.000	1.56	0.36	1.000	253.000	13.200
23	11.50	12.00	173.65	0.00	173.65	200	22.000	1.56	0.36	1.000	264.000	24.000
24	12.00	12.50	181.20	0.00	181.20	100	22.000	1.56	0.36	1.000	275.000	40.000
25	12.50	13.00										
26	13.00	13.50										
27	13.50	14.00										
28	14.00	14.50										
29	14.50	15.00										
30	15.00	15.50										
31	15.50	16.00										
32	16.00	16.50										
33	16.50	17.00										

Fattore di rigidezza medio	1.56	0.36
----------------------------	------	------

Rapporto di flessibilità	7.72	4.30
Verifica flessibilità	UTB	BLV2

Coefficiente medio	4130
--------------------	------



GEOMETRIA				
Altezza barriera	$H_{bar}$	[m]	4.50	6.50
Interasse longitudinale	$i_{bar}$	[m]	4.00	3.00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0.00	3.00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0	45
Profilo montante	-	[-]	IPE 300	HE 400 B
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	8.36E+07	5.77E+08
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.559	1.022
Pressione del vento sullo sbraccio	$P_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.000	1.910
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	0.70	0.70

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI H=4,50 m		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	3.40
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	4.50
Verificato $Ed < Cd$ - $Ed/Cd = 0.01$		

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI H=6,50+3,00 m		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	7.40
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	8.62
Verificato $Ed < Cd$ - $Ed/Cd = 0.01$		



### 11.1.5 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

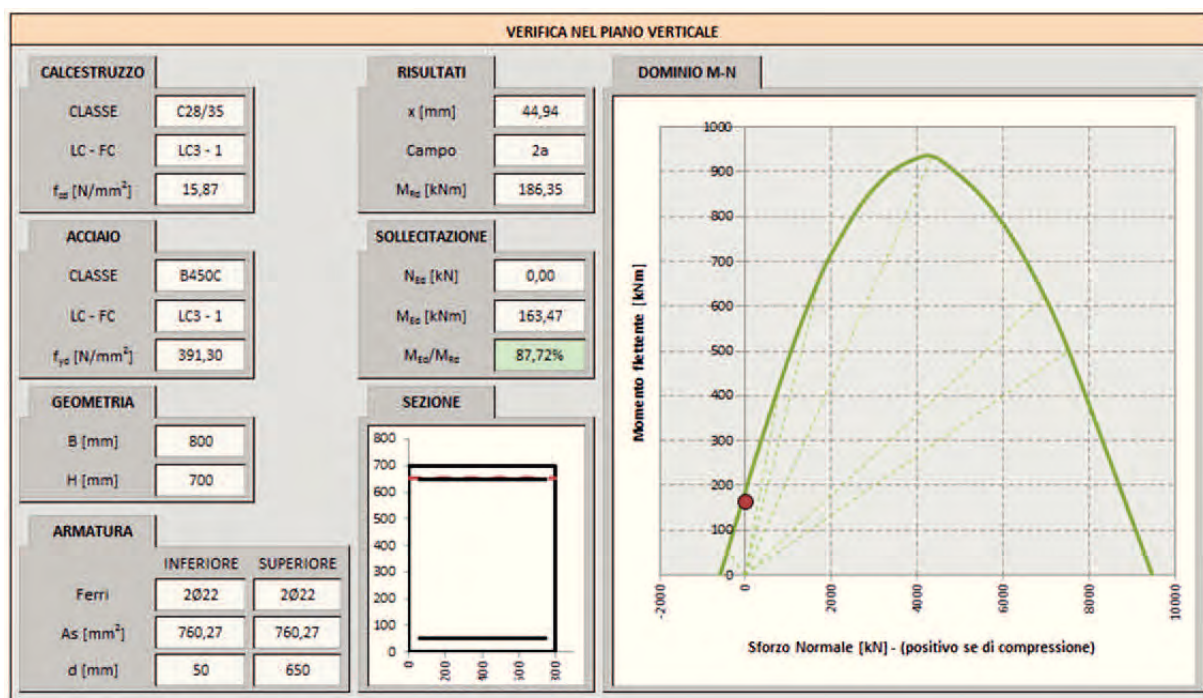
Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø22
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø22
Armatura laterale per flessione orizzontale	1+1 Ø22
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø22
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	4 Ø22
Totale armatura inferiore	4 Ø22

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

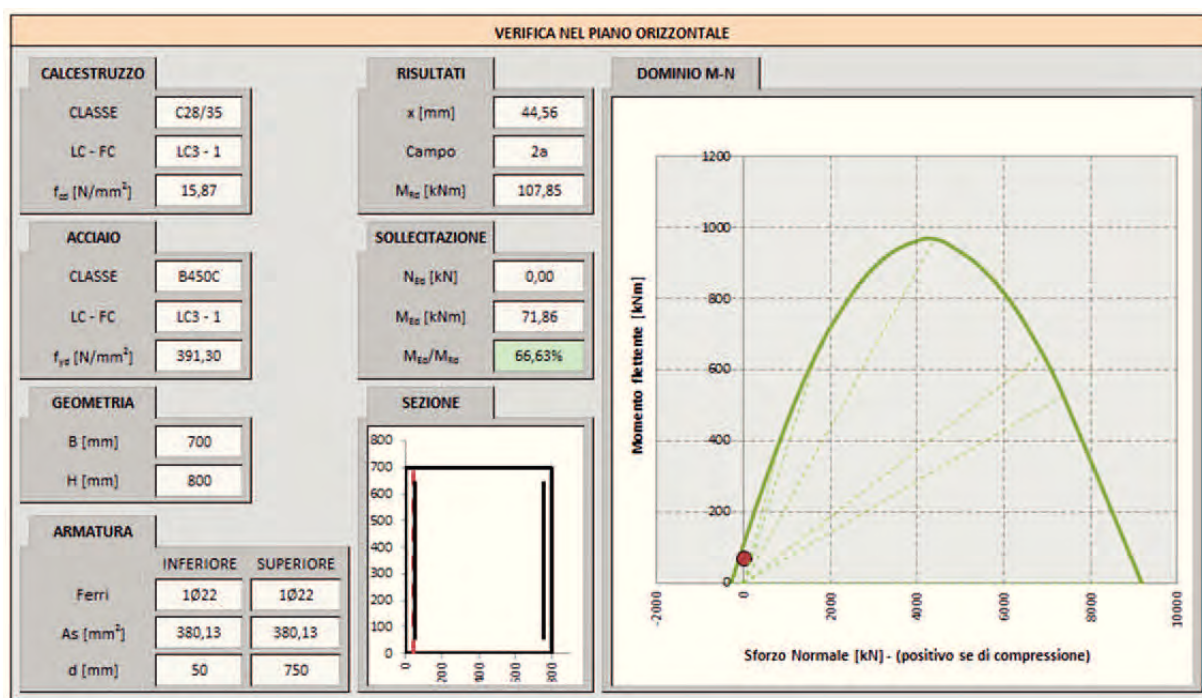
SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	71,86
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	163,47
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	28,18
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	79,32
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	147,94
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	84,18

## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	30,64%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	9,43%



## Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\emptyset$	22
	As	[mm <sup>2</sup> ]	1520,53

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\emptyset$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	1521
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,67
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	166,27
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	166,27
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	88,98%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	36,26%



## 11.2 INTERVENTO 1NC MONTANTI 21-26

### 11.2.1 Azioni di verifica

<b>INTERVENTO</b>	<b>1Nc</b>
-------------------	------------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	3.00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	6.00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0.00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	HE 180 B

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	29
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15.00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	10.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0.80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-
Altezza	H	[m]	0.70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\varnothing_{barre}$	[mm]	16
Armatura	As	[-]	14 $\varnothing 16$
Copriferro	c	[mm]	63
Momento resistente	My	[kNm]	238.30

CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	0.512
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.266
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0.812
Peso della struttura	$P$	[kN]	10.54
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1.54	9.00	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	22.79	8.56	0.00
M [kNm]	0.00	0.00	34.18	25.67	0.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	15.50	13.24	10.54	10.54	0.00
T [kN]	34.18	29.62	22.79	8.56	0.00
M [kNm]	51.27	44.44	34.18	25.67	0.00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	103.45	80.15	78.97		
$N_{traz}$ [kN]					
T [kN]	32.00	27.73	21.33		
M [kNm]	52.88	45.83	35.26		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	59.14	51.26	39.43		



### 11.2.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	10.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{dis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	71

Strati terreno						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]
1	T1<8.5 Misto	Misto	No	0.00	0.50	0.50
2	T1<8.5 Misto	Misto	No	0.50	1.00	0.50
3	T1<8.5 Misto	Misto	No	1.00	1.50	0.50
4	T1<8.5 Misto	Misto	No	1.50	2.00	0.50
5	T1<8.5 Misto	Misto	No	2.00	2.50	0.50
6	T1<8.5 Misto	Misto	No	2.50	3.00	0.50
7	T1<8.5 Misto	Misto	No	3.00	3.50	0.50
8	T1<8.5 Misto	Misto	No	3.50	4.00	0.50
9	T1<8.5 Misto	Misto	No	4.00	4.50	0.50
10	T1<8.5 Misto	Misto	No	4.50	5.00	0.50
11	T1<8.5 Misto	Misto	No	5.00	5.50	0.50
12	T1<8.5 Misto	Misto	No	5.50	6.00	0.50
13	T1<8.5 Misto	Misto	No	6.00	6.50	0.50
14	T1<8.5 Misto	Misto	No	6.50	7.00	0.50
15	T1<8.5 Misto	Misto	No	7.00	7.50	0.50
16	T1<8.5 Misto	Misto	No	7.50	8.00	0.50
17	T1<8.5 Misto	Misto	No	8.00	8.50	0.50
18	T1>8.5 Misto	Misto	No	8.50	9.00	0.50
19	T1>8.5 Misto	Misto	No	9.00	9.50	0.50
20	T1>8.5 Misto	Misto	No	9.50	10.00	0.50
21				10.00	10.50	0.50
22				10.50	11.00	0.50
23				11.00	11.50	0.50
24				11.50	12.00	0.50
25				12.00	12.50	0.50
26				12.50	13.00	0.50
27				13.00	13.50	0.50
28				13.50	14.00	0.50
29				14.00	14.50	0.50
30				14.50	15.00	0.50
31				15.00	15.50	0.50
32				15.50	16.00	0.50
TOTALE				0.00	10.00	10.00

### PORTANZA LATERALE

MEDIO							MINIMO						
V <sub>medio</sub> [kN/m²]	Φ <sub>medio</sub> [°]	C' <sub>medio</sub> [kPa]	Cu <sub>medio</sub> [kPa]	W <sub>terr</sub> [%]	σ <sub>v</sub> [kN/m²]	σ' <sub>v</sub> [kN/m²]	V <sub>min</sub> [kN/m²]	Φ <sub>min</sub> [°]	C' <sub>min</sub> [kPa]	Cu <sub>min</sub> [kPa]	W <sub>terr</sub> [%]	σ <sub>v</sub> [kN/m²]	σ' <sub>v</sub> [kN/m²]
15.1	30	60	55	2.13	3.78	3.78	13.4	27	30	16	1.89	3.35	3.35
15.1	30	60	55	2.13	11.33	11.33	13.4	27	30	16	1.89	10.05	10.05
15.1	30	60	55	2.13	18.88	18.88	13.4	27	30	16	1.89	16.75	16.75
15.1	30	60	55	2.13	26.43	26.43	13.4	27	30	16	1.89	23.45	23.45
15.1	30	60	55	2.13	33.98	33.98	13.4	27	30	16	1.89	30.15	30.15
15.1	30	60	55	2.13	41.53	41.53	13.4	27	30	16	1.89	36.85	36.85
15.1	30	60	55	2.13	49.08	49.08	13.4	27	30	16	1.89	43.55	43.55
15.1	30	60	55	2.13	56.63	56.63	13.4	27	30	16	1.89	50.25	50.25
15.1	30	60	55	2.13	64.18	64.18	13.4	27	30	16	1.89	56.95	56.95
15.1	30	60	55	2.13	71.73	71.73	13.4	27	30	16	1.89	63.65	63.65
15.1	30	60	55	2.13	79.28	79.28	13.4	27	30	16	1.89	70.35	70.35
15.1	30	60	55	2.13	86.83	86.83	13.4	27	30	16	1.89	77.05	77.05
15.1	30	60	55	2.13	94.38	94.38	13.4	27	30	16	1.89	83.75	83.75
15.1	30	60	55	2.13	101.93	101.93	13.4	27	30	16	1.89	90.45	90.45
15.1	30	60	55	2.13	109.48	109.48	13.4	27	30	16	1.89	97.15	97.15
15.1	30	60	55	2.13	117.03	117.03	13.4	27	30	16	1.89	103.85	103.85
15.1	30	60	55	2.13	124.58	124.58	13.4	27	30	16	1.89	110.55	110.55
15.1	30	60	55	2.13	132.13	132.13	13.4	27	30	30	1.89	117.25	117.25
15.1	30	60	55	2.13	139.68	139.68	13.4	27	30	30	1.89	123.95	123.95
15.1	30	60	55	2.13	147.23	147.23	13.4	27	30	30	1.89	130.65	130.65
-	-	-	-	42.69	-	-	-	-	-	-	37.89	-	-



[illegible]

## SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_f$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1.00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1.30
Variabili	$\gamma_Q$	1.30

COEFFICIENTI PARZIALI $v_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$V_{\varphi}$	1.00
Coesione efficace	$V_c$	1.00
Coesione non drenata	$V_{cu}$	1.00
Peso dell'unità di volume	$V_v$	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_R$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1.70
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.45
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	n° vert	1
Fattore medio	$\xi_3$	1.70
Fattore minimo	$\xi_4$	1.70

**PORTANZA TOTALE**

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA DI BASE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata di base	$Q_{Rm\ base} [kN]$	181.58	113.28
Valore caratteristico portata di base	$Q_{Rk\ base} [kN]$	106.81	66.64
Valore di progetto portata di base	$Q_{Rd\ base} [kN]$	62.83	39.20

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{Rm\ lat} [kN]$	622.04	298.58
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{Rk\ lat} [kN]$	365.90	175.63
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	252.35	121.13
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	228.69	109.77

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{Rd\ tot\ comp} [kN]$	252.35	121.13
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{Rd\ tot\ traz} [kN]$	228.69	109.77

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} [kN]$	121.13
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} [kN]$	109.77

**VERIFICA**

Considero il peso del palo in compressione	Si - Netto
Considero il peso totale del palo in trazione	No

AZIONI DI PROGETTO		VENTO	URTO	SISMA
Carico di compressione testa palo	$N_{comp\ Ed} [kN]$	80.15	0.00	-
Carico di trazione testa palo	$N_{traz\ Ed} [kN]$	0.00	0.00	-
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ medio\ Ed} [kN]$	27.99	27.99	-
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ min\ Ed} [kN]$	32.80	32.80	-
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	70.69	70.69	-

VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{c,d} [kN]$	121.13	121.13	-
Azione di progetto	$E_{c,d} [kN]$	112.95	32.80	-
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	93.25%	27.08%	-
		Verificato	Verificato	-

VERIFICA DI PORTANZA IN TRAZIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{t,d} [kN]$	109.77	109.77	-
Azione di progetto	$E_{t,d} [kN]$	0.00	0.00	-
Verifica	$E_{t,d}/R_{t,d}$	0.00%	0.00%	-
		Verificato	Verificato	-



### 11.2.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	T1<8.5 Granulare		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	29	$\alpha_{\text{terreno}}$	29
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	10,00	$L$ [m]	10,00
$L'=e+L$ [m]	10,00	$L'=e+L$ [m]	10,00
$\Phi_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\Phi_{\text{min}} [^\circ]$	29
$k_p$	2,08	$k_p$	1,00
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	15,1	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	13,4
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H_1$ [kN]	941,8	$H_1$ [kN]	402,0
$f$ [m]	5,8	$f$ [m]	5,8
$M_{\text{max}}$ [kNm]	3622,8	$M_{\text{max}}$ [kNm]	1546,4
	> $M_y$		> $M_y$
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H_2$ [kN]	153,47	$H_2$ [kN]	115,55
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0
$H_{\text{media}}$ [kN]	153,47	$H_{\text{min}}$ [kN]	115,55
$H_{\text{tr},k \text{ media}}$ [kN]	90,27	$H_{\text{tr},k \text{ min}}$ [kN]	67,97

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr},d \text{ media}}$ [kN]	90,27	56,42	69,44
$H_{\text{tr},d \text{ min}}$ [kN]	67,97	42,48	52,28
$H_{\text{RES}}$ [kN]	67,97	42,48	52,28
$H_{\text{ES}}$ [kN]	32,00	27,73	32,00
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	47,08%	65,28%	61,20%
	Verificato	Verificato	Verificato

Comportamento non drenato:

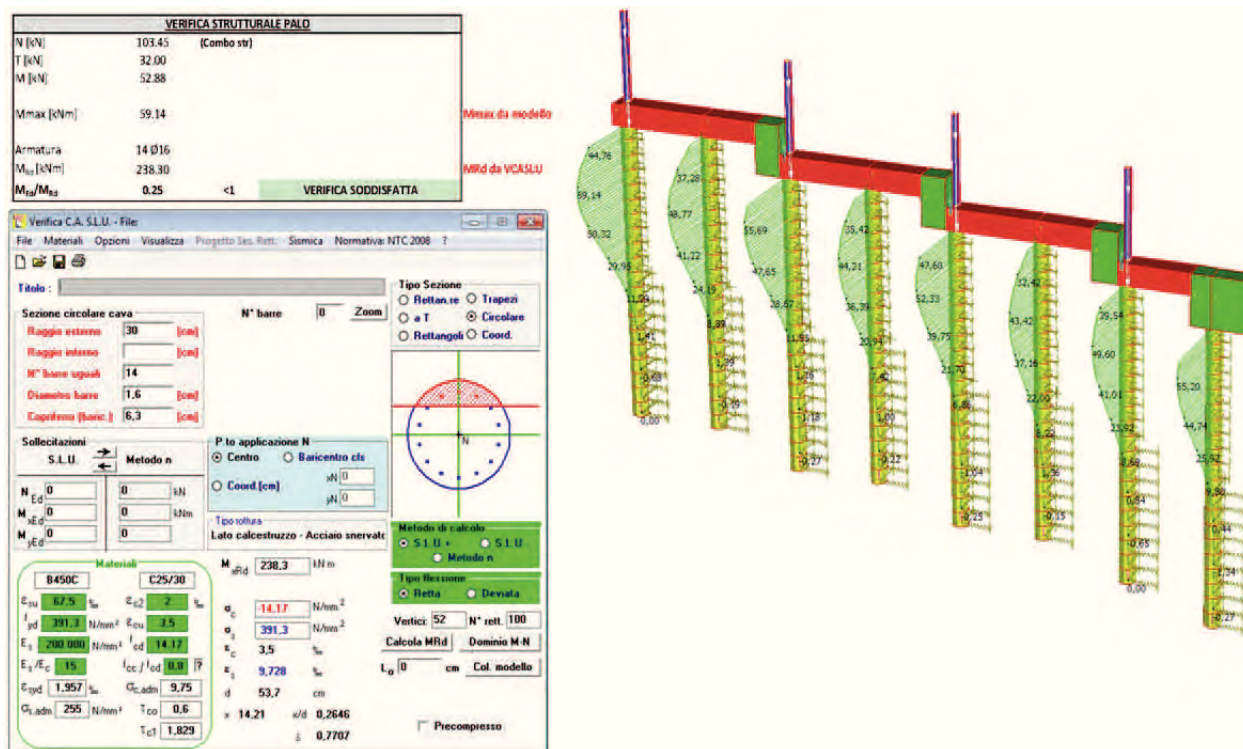
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	T1<8.5 Coesivo		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu <sub>media</sub> [kPa]	55	Cu <sub>min</sub> [kPa]	16
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	10,00	L [m]	10,00
L'=e+L [m]	10,00	L'=e+L [m]	10,00
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
H1 [kN]	979,89	H1 [kN]	285,06
f [m]	3,3	f [m]	3,3
Mmax [kNm]	2498,4	Mmax [kNm]	726,8
Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,2	Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,2
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H2 [kN]	194,22	H2 [kN]	139,55
f [m]	0,7	f [m]	1,6
Z <sub>cerniera</sub> [m]	1,6	Z <sub>cerniera</sub> [m]	2,5
H <sub>media</sub> [kN]	194,22	H <sub>min</sub> [kN]	139,55
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	114,25	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	82,09

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	114,25	71,40	87,88
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	82,09	51,31	63,15
H <sub>RES</sub> [kN]	82,09	51,31	63,15
H <sub>ES</sub> [kN]	32,00	27,73	32,00
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	38,98%	54,05%	50,68%
	Verificato	Verificato	Verificato



## 11.2.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

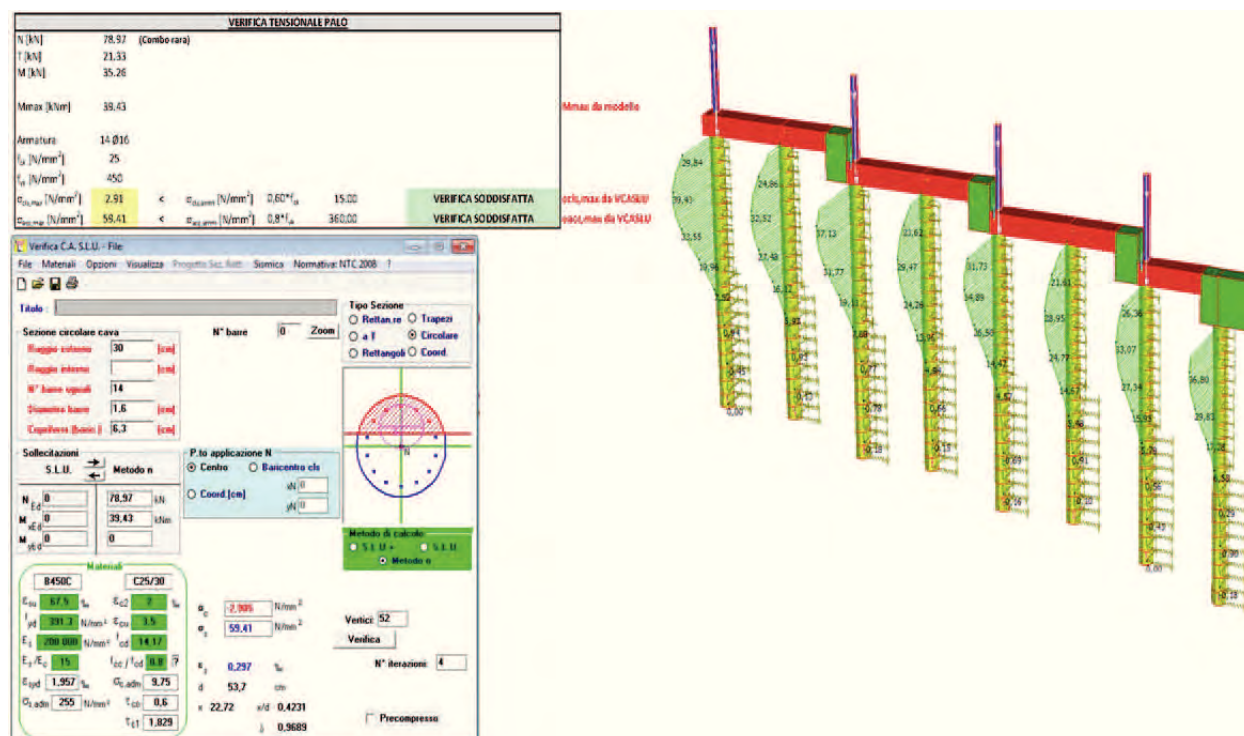
### 11.2.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)



### 11.2.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA			
N [kN]	103,45	(Combo str)	
T [kN]	32,00		
M [kN]	52,88		
Lato equivalente [mm]	532		
Copri ferro [mm]	63		
Armatura	14 Ø16		
Area armatura [mm²]	2815		
Classe cls	C25/30		
f <sub>ck</sub> cls [N/mm²]	25		
k [-]	1,65		
ρ <sub>i</sub> [%]	1,13%		
σ <sub>eq</sub> [N/mm²]	0,00		
v <sub>min</sub> [N/mm²]	0,37		
V <sub>Ed</sub> [kN]	150,57		
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Ed</sub>	0,21	<1	<b>VERIFICA SODDISFATTA</b>

### 11.2.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



### 11.2.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	59,41
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	63
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	16
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	115
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	99

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato

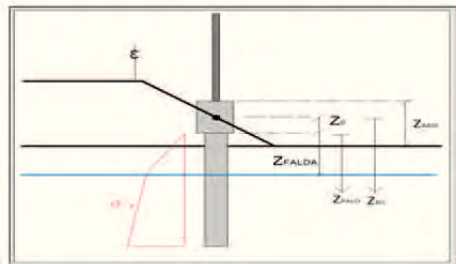


### 11.2.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	10.00
Diametro palo	d	[m]	0.60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6.96E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>cd</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

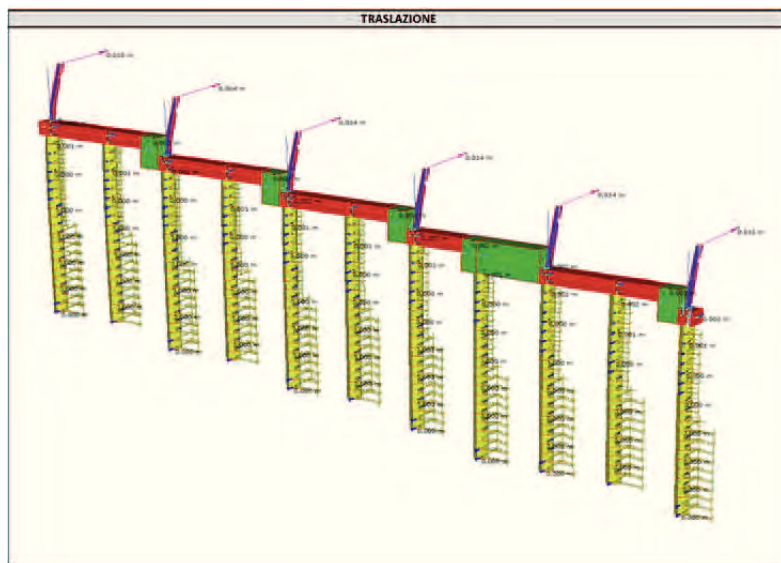
Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0.5
Altezza concio	Δz	[m]	0.5
Profondità faldia da testa palo	z <sub>faldo</sub>	[m]	15.00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	---	---	Tx/S/Mano
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sub>medio</sub>	[°]	30
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	29
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[--]	3.000
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p,p</sub>	[--]	1.325
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[--]	0.442



N° concio	Profondità base concio		Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio	Fattore di rigidità		Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della	Modulo elastico terreno		Rigidità mole	Coefficiente di sottotondo
	Dalla testa palo	Dalla punta			Granulare	Coesivo		Granulare	Coesivo		
[-]	$z_{base}$ [m]	$z_0$ [m]	-	$K_h$ medio [kN/m <sup>3</sup> ]	T [m]	B [L/m]	$\eta$ [-]	$E_{psa}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{coso}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]	$\kappa$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	0.50	1.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	9,718	9,718	5,831	1749
2	1.00	1.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	14,577	9,718	5,831	1749
3	1.50	2.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	19,436	9,718	5,831	1749
4	2.00	2.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	24,295	9,718	5,831	1749
5	2.50	3.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	29,153	9,718	5,831	1749
6	3.00	3.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	34,012	9,718	5,831	1749
7	3.50	4.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	38,871	9,718	5,831	1749
8	4.00	4.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	43,730	9,718	5,831	1749
9	4.50	5.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	48,589	9,718	5,831	1749
10	5.00	5.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	0.442	53,448	9,718	5,831	1749
11	5.50	6.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	132,000	22,000	13,200	3960
12	6.00	6.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	143,000	22,000	13,200	3960
13	6.50	7.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	154,000	22,000	13,200	3960
14	7.00	7.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	165,000	22,000	13,200	3960
15	7.50	8.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	176,000	22,000	13,200	3960
16	8.00	8.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	187,000	22,000	13,200	3960
17	8.50	9.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	198,000	22,000	13,200	3960
18	9.00	9.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	209,000	22,000	13,200	3960
19	9.50	10.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	220,000	22,000	13,200	3960
20	10.00	10.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	231,000	22,000	13,200	3960
21	10.50	11.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	242,000	22,000	13,200	3960
22	11.00	11.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	253,000	22,000	13,200	3960
23	11.50	12.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	264,000	22,000	13,200	3960
24	12.00	12.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	275,000	22,000	13,200	3960
25	12.50	13.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	286,000	22,000	13,200	3960
26	13.00	13.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	297,000	22,000	13,200	3960
27	13.50	14.00	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	308,000	22,000	13,200	3960
28	14.00	14.50	Tx/S/Mano	22,000	1.56	0.36	1.000	319,000	22,000	13,200	3960
29	14.50	15.00									
30	15.00	15.50									
31	15.50	16.00									
32	16.00	16.50									
33	16.50	17.00									

rigidità medio	1.56	0.36	Coefficiente medio	3170
	L/7	BL		
il flessibilità	6.43	3.58		
flessibilità	L/7>3	BL>2		



GEOMETRIA		
Altezza barriera	H <sub>barriera</sub>	[m] 3.00
Interasse longitudinale	l <sub>barriera</sub>	[m] 6.00
Lunghezza sbraccio	l <sub>sbraccio</sub>	[m] 0.00
Inclinazione sbraccio	α <sub>sbraccio</sub>	[°] 0
Profilo montante		HE 180 B
Momento d'inerzia montante	J <sub>montante</sub>	[mm <sup>4</sup> ] 3.83E+07
Pressione del vento sul montante	p <sub>montante</sub>	[kN/m <sup>2</sup> ] 1.266
Pressione del vento sullo sbraccio	p <sub>sbraccio</sub>	[kN/m <sup>2</sup> ] 0.000
Altezza plinto	H <sub>plinto</sub>	[m] 0.70

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI		
Spostamento totale testa montante E <sub>d</sub>	cm	1.40
Spostamento ammissibile C <sub>d</sub> = l/100	cm	3.00
Verificato E <sub>d</sub> < C <sub>d</sub> - E <sub>d</sub> /C <sub>d</sub> = 0.00		

### 11.2.6 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

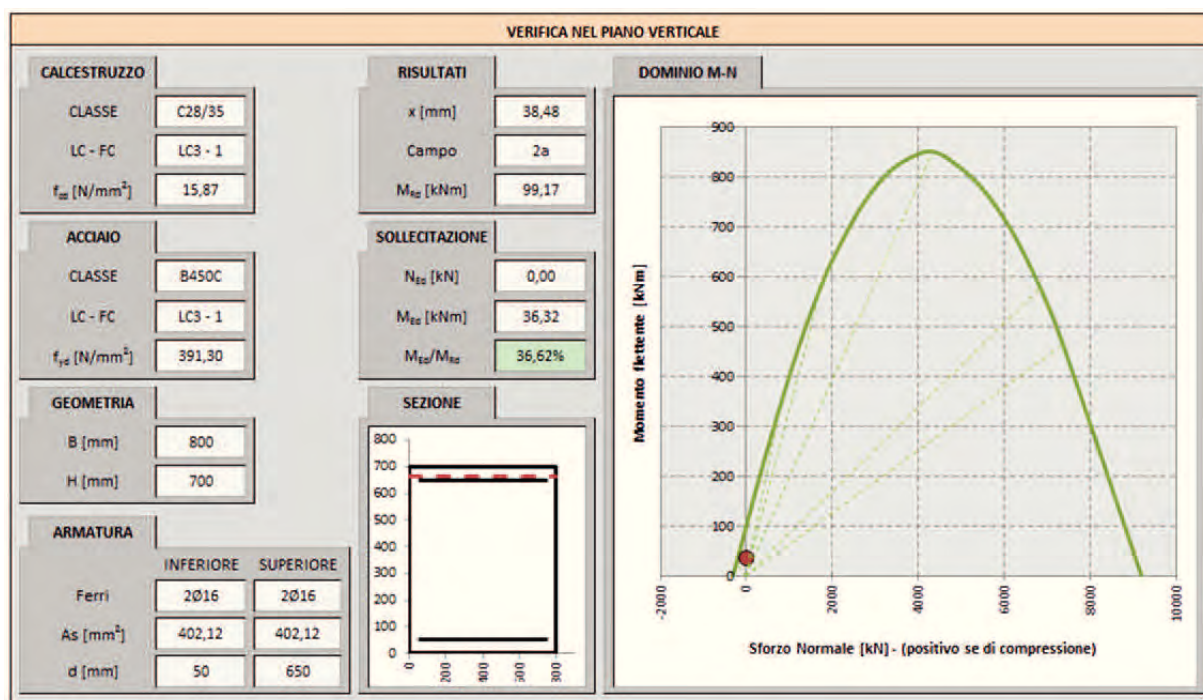
Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø16
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø16
Armatura laterale per flessione orizzontale	1+1 Ø16
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø16
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	4 Ø16
Totale armatura inferiore	4 Ø16

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	44,59
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	36,32
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	17,14
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	63,35
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	39,30
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	65,63

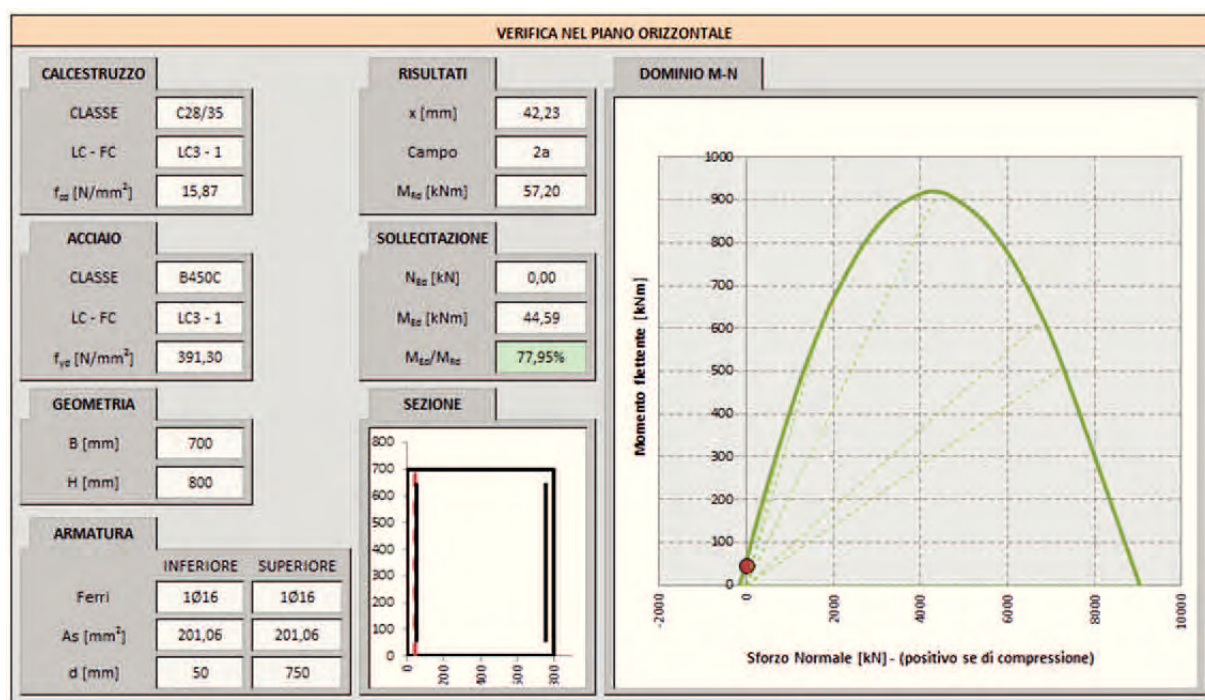


## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	24,47%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	5,74%



Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\phi$	16
	As	[mm <sup>2</sup> ]	804,25

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\phi$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	804
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,36
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	87,94
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	87,94
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	44,69%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	11,96%

### 11.3 INTERVENTO 1SF\_1 MONTANTI 24-28 E INTERVENTO 1SF\_2 MONTANTI 1-5

#### 11.3.1 Azioni di verifica

INTERVENTO			1Sf	
GEOMETRIA MONTANTE				
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	3.50	4.00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4.00	4.00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0.00	0.00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0	0
Profilo montante	-	[-]	HE 180 B	IPE 300

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	34
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15.00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	11.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0.80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-
Altezza	H	[m]	0.70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\varnothing_{barre}$	[mm]	20
Armatura	$A_s$	[-]	14 $\varnothing 20$
Copriferro	c	[mm]	70
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	342.80

da VCASLU



CARICHI				
Peso proprio montante	$P_{mont}$	[kN/m]	0.512	0.422
Peso proprio pannelli	$P_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.50	0.50
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.703	1.745
Pressione del vento sullo sbraccio	$P_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]		
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]		
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]		
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0.812	0.812
Peso della struttura	$P$	[kN]	8.79	9.69
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{ds}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25	
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81	

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE H=3,50 m					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1,79	7,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	23,84	7,14	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	41,72	24,99	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE H=3,50 m					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	12,83	10,89	8,79	8,79	0,00
T [kN]	35,76	30,99	23,84	7,14	0,00
M [kNm]	62,59	54,24	41,72	24,99	0,00

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE H=4,00 m					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1,69	8,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	27,92	7,87	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	55,84	31,47	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE H=4,00 m					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	14,20	12,09	9,69	9,69	0,00
T [kN]	41,88	36,30	27,92	7,87	0,00
M [kNm]	83,76	72,59	55,84	31,47	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	124.44	96.58	94.82		
$N_{traz}$ [kN]					
$T$ [kN]	51.75	44.85	34.51		
$M$ [kNm]	110.80	96.03	73.87		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	110.80	96.03	73.87		

### 11.3.1 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	11.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{so}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{pala}$	[kN]	78

Strati terreno						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]
1	Ri	Granulare	No	0.00	0.50	0.50
2	Ri	Granulare	No	0.50	1.00	0.50
3	Ri	Granulare	No	1.00	1.50	0.50
4	Ri	Granulare	No	1.50	2.00	0.50
5	Ri	Granulare	No	2.00	2.50	0.50
6	Ri	Granulare	No	2.50	3.00	0.50
7	T1<8.5 Misto	Misto	No	3.00	3.50	0.50
8	T1<8.5 Misto	Misto	No	3.50	4.00	0.50
9	T1<8.5 Misto	Misto	No	4.00	4.50	0.50
10	T1<8.5 Misto	Misto	No	4.50	5.00	0.50
11	T1<8.5 Misto	Misto	No	5.00	5.50	0.50
12	T1<8.5 Misto	Misto	No	5.50	6.00	0.50
13	T1<8.5 Misto	Misto	No	6.00	6.50	0.50
14	T1<8.5 Misto	Misto	No	6.50	7.00	0.50
15	T1<8.5 Misto	Misto	No	7.00	7.50	0.50
16	T1<8.5 Misto	Misto	No	7.50	8.00	0.50
17	T1<8.5 Misto	Misto	No	8.00	8.50	0.50
18	T1>8.5 Misto	Misto	No	8.50	9.00	0.50
19	T1>8.5 Misto	Misto	No	9.00	9.50	0.50
20	T1>8.5 Misto	Misto	No	9.50	10.00	0.50
21	T1>8.5 Misto	Misto	No	10.00	10.50	0.50
22	T1>8.5 Misto	Misto	No	10.50	11.00	0.50
23				11.00	11.50	0.50
24				11.50	12.00	0.50
25				12.00	12.50	0.50
26				12.50	13.00	0.50
27				13.00	13.50	0.50
28				13.50	14.00	0.50
29				14.00	14.50	0.50
30				14.50	15.00	0.50
31				15.00	15.50	0.50
32				15.50	16.00	0.50
TOTALE				0.00	11.00	11.00



### PORTANZA LATERALE

MEDIO							MINIMO						
V <sub>nodo</sub> [kN/m²]	Φ <sub>nodo</sub> [°]	C' <sub>nodo</sub> [kPa]	CJ <sub>nodo</sub> [kPa]	Wterr [kN]	σ <sub>v</sub> [kN/m²]	σ' <sub>v</sub> [kN/m²]	V <sub>res</sub> [kN/m²]	Φ <sub>res</sub> [°]	C' <sub>res</sub> [kPa]	CJ <sub>res</sub> [kPa]	Wterr [kN]	σ <sub>v</sub> [kN/m²]	σ' <sub>v</sub> [kN/m²]
19.5	35	0	0	2.76	4.88	4.88	19	34	0	0	2.69	4.75	4.75
19.5	35	0	0	2.76	14.63	14.63	19	34	0	0	2.69	14.25	14.25
19.5	35	0	0	2.76	24.38	24.38	19	34	0	0	2.69	23.75	23.75
19.5	35	0	0	2.76	34.13	34.13	19	34	0	0	2.69	33.25	33.25
19.5	35	0	0	2.76	43.88	43.88	19	34	0	0	2.69	42.75	42.75
19.5	35	0	0	2.76	53.63	53.63	19	34	0	0	2.69	52.25	52.25
15.1	30	60	55	2.13	62.28	62.28	13.4	27	30	16	1.89	60.35	60.35
15.1	30	60	55	2.13	69.83	69.83	13.4	27	30	16	1.89	67.05	67.05
15.1	30	60	55	2.13	77.38	77.38	13.4	27	30	16	1.89	73.75	73.75
15.1	30	60	55	2.13	84.93	84.93	13.4	27	30	16	1.89	80.45	80.45
15.1	30	60	55	2.13	92.48	92.48	13.4	27	30	16	1.89	87.15	87.15
15.1	30	60	55	2.13	100.03	100.03	13.4	27	30	16	1.89	93.85	93.85
15.1	30	60	55	2.13	107.58	107.58	13.4	27	30	16	1.89	100.55	100.55
15.1	30	60	55	2.13	115.13	115.13	13.4	27	30	16	1.89	107.25	107.25
15.1	30	60	55	2.13	122.68	122.68	13.4	27	30	16	1.89	113.95	113.95
15.1	30	60	55	2.13	130.23	130.23	13.4	27	30	16	1.89	120.65	120.65
15.1	30	60	55	2.13	137.78	137.78	13.4	27	30	16	1.89	127.35	127.35
15.1	30	60	55	2.13	145.33	145.33	13.4	27	30	30	1.89	134.05	134.05
15.1	30	60	55	2.13	152.88	152.88	13.4	27	30	30	1.89	140.75	140.75
15.1	30	60	55	2.13	160.43	160.43	13.4	27	30	30	1.89	147.45	147.45
15.1	30	60	55	2.13	167.98	167.98	13.4	27	30	30	1.89	154.15	154.15
15.1	30	60	55	2.13	175.53	175.53	13.4	27	30	30	1.89	160.85	160.85
-	-	-	-	50.70	-	-	-	-	-	-	46.43	-	-

[illegible]

**SCELTE PROGETTUALI**

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_e$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1.00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1.30
Variabili	$\gamma_Q$	1.30

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$\gamma_{R'}$	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00
Coesione non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_b$	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_R$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1.70
Laterale in compressione	$\gamma_L$	1.45
Laterale in trazione	$\gamma_T$	1.60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	$n^{\circ} \text{ vert}$	1
Fattore medio	$\xi_3$	1.70
Fattore minimo	$\xi_4$	1.70

**PORTANZA TOTALE**

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA DI BASE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata di base	$Q_{d \text{ base}} \text{ [kN]}$	189.59	121.82
Valore caratteristico portata di base	$Q_{dk \text{ base}} \text{ [kN]}$	111.52	71.66
Valore di progetto portata di base	$Q_{d \text{ base}} \text{ [kN]}$	65.60	42.15

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{d \text{ lat}} \text{ [kN]}$	555.54	316.74
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{dk \text{ lat}} \text{ [kN]}$	326.79	186.32
Valore di progetto a compressione	$Q_{d \text{ comp}} \text{ [kN]}$	225.37	128.49
Valore di progetto a trazione	$Q_{d \text{ traz}} \text{ [kN]}$	204.24	116.45

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{d \text{ tot comp}} \text{ [kN]}$	225.37	128.49
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{d \text{ tot traz}} \text{ [kN]}$	204.24	116.45

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} \text{ [kN]}$	128.49
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} \text{ [kN]}$	116.45

**VERIFICA**

Considero il peso del palo in compressione	Si - Netto
Considero il peso totale del palo in trazione	No

AZIONI DI PROGETTO		VENTO	URTO	SISMA
Carico di compressione testa palo	$N_{comp \text{ Ed}} \text{ [kN]}$	96.58	0.00	-
Carico di trazione testa palo	$N_{traz \text{ Ed}} \text{ [kN]}$	0.00	0.00	-
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto \text{ medio Ed}} \text{ [kN]}$	27.06	27.06	-
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto \text{ min Ed}} \text{ [kN]}$	31.33	31.33	-
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo \text{ Ed}} \text{ [kN]}$	77.75	77.75	-

VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{c,d} \text{ [kN]}$	128.49	128.49	-
Azione di progetto	$E_{c,d} \text{ [kN]}$	127.91	31.33	-
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	99.54%	24.38%	-
		Verificato	Verificato	-

VERIFICA DI PORTANZA IN TRAZIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{t,d} \text{ [kN]}$	116.45	116.45	-
Azione di progetto	$E_{t,d} \text{ [kN]}$	0.00	0.00	-
Verifica	$E_{t,d}/R_{t,d}$	0.00%	0.00%	-
		Verificato	Verificato	-



### 11.3.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	Ri		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	34	$\alpha_{\text{terreno}}$	34
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	11,00	L [m]	11,00
L'=e+L [m]	11,00	L'=e+L [m]	11,00
$\Phi_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\Phi_{\text{min}} [^\circ]$	34
kp	1,36	kp	1,00
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
H1 [kN]	965,5	H1 [kN]	689,7
f [m]	6,3	f [m]	6,3
Mmax [kNm]	4085,3	Mmax [kNm]	2918,3
	>My		>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H2 [kN]	185,05	H2 [kN]	165,42
f(H)	0,0	f(H)	0,0
$H_{\text{media}} [\text{kN}]$	185,05	$H_{\text{min}} [\text{kN}]$	165,42
$H_{\text{tr},d \text{ media}} [\text{kN}]$	108,85	$H_{\text{tr},d \text{ min}} [\text{kN}]$	97,31

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr},d \text{ media}} [\text{kN}]$	108,85	68,03	83,73
$H_{\text{tr},d \text{ min}} [\text{kN}]$	97,31	60,82	74,85
$H_{\text{RES}} [\text{kN}]$	97,31	60,82	74,85
$H_{\text{ES}} [\text{kN}]$	51,75	44,85	51,75
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	53,18%	73,75%	69,14%
	Verificato	Verificato	Verificato

Comportamento non drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	T1<8.5 Coesivo		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu <sub>media</sub> [kPa]	55	Cu <sub>min</sub> [kPa]	16
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	11,00	L [m]	11,00
L'=e+L [m]	11,00	L'=e+L [m]	11,00
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
H1 [kN]	1101,37	H1 [kN]	320,40
f [m]	3,7	f [m]	3,7
Mmax [kNm]	3033,4	Mmax [kNm]	882,4
	>My		>My
Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,6	Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,6
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H2 [kN]	257,17	H2 [kN]	177,74
f [m]	0,9	f [m]	2,1
Z <sub>cerniera</sub> [m]	1,8	Z <sub>cerniera</sub> [m]	3,0
H <sub>media</sub> [kN]	257,17	H <sub>min</sub> [kN]	177,74
H <sub>tr,x media</sub> [kN]	151,28	H <sub>tr,x min</sub> [kN]	104,56

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	151,28	94,55	116,37
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	104,56	65,35	80,43
H <sub>RES</sub> [kN]	104,56	65,35	80,43
H <sub>ES</sub> [kN]	51,75	44,85	51,75
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	49,50%	68,63%	64,34%
	Verificato	Verificato	Verificato

### 11.3.3 Verifiche strutturali del palo di fondazione

#### 11.3.3.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	124.44	(Combo str)
T [kN]	51.75	
M [kN]	110.80	
Vmax [kNm]	110.80	Mmax da modello
Armatura	14 Ø20	
M <sub>res</sub> [kNm]	342.80	MIRd da VCASLU
M <sub>ed</sub> /M <sub>res</sub>	0.32	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

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

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

Titolo:

Sezione circolare cava

Raggio esterno [cm] 30

Raggio interno [cm] 14

N° barre uguali 14

Diametro barre [cm] 2

Copri ferro [basic] 7

Tipologia: ☐ Rettang. ☐ Trapezi ☐ a T ☐ Circolare ☐ Rettangoli ☐ Coord.

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

Tipologia: ☐ Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: ☐ S.L.U. ☐ Metodo n

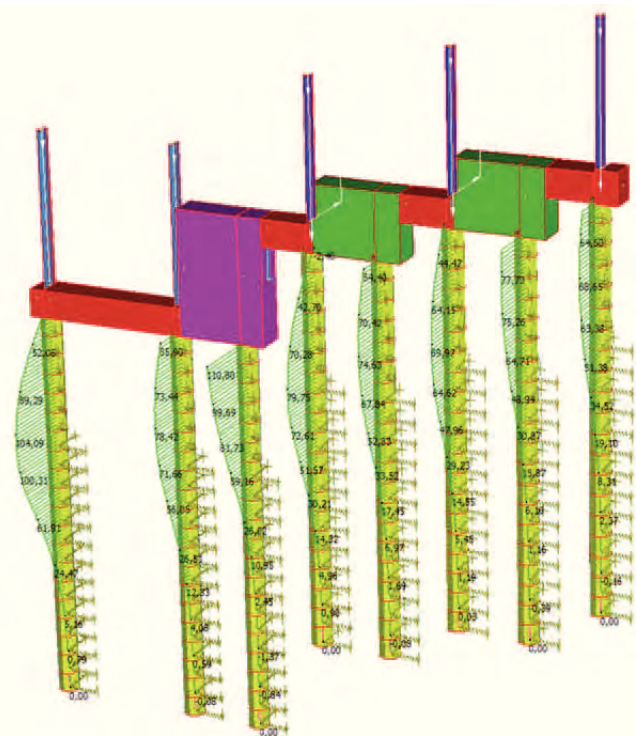
Tipologia Restante: ☐ Retta ☐ Deviata

Verfici: 52 N° rett: 100

Calcola MIRd Dominio M-N

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

Precompresso

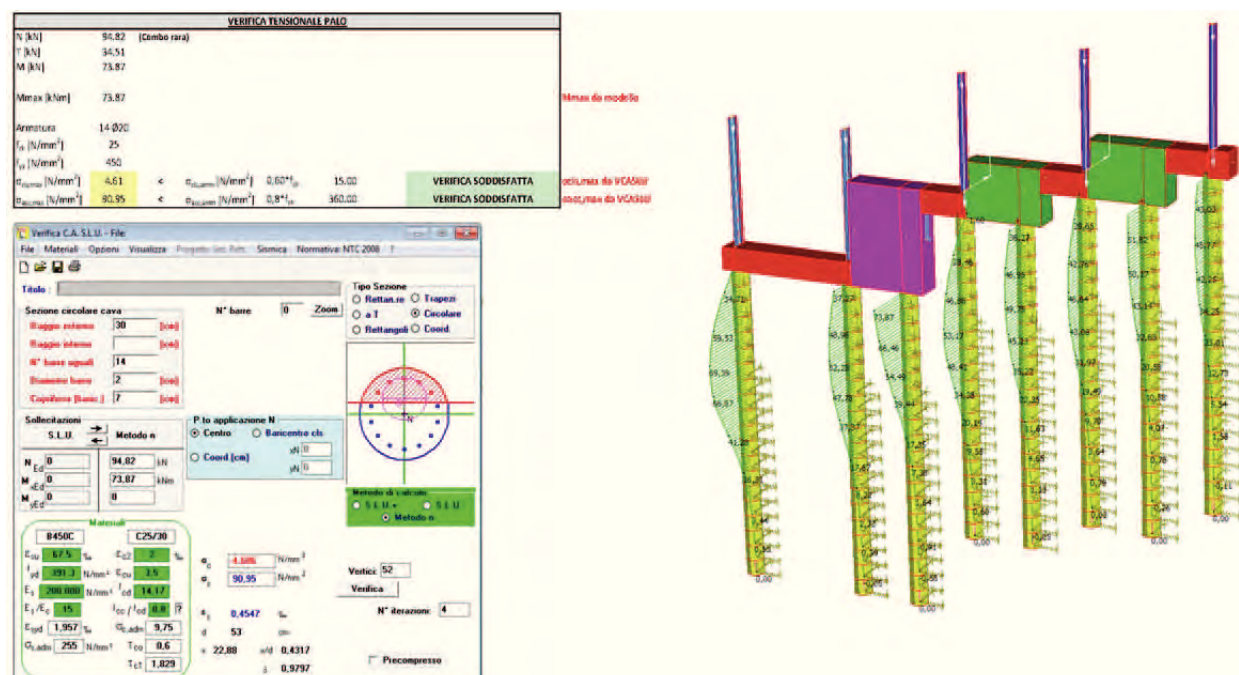


#### 11.3.3.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA		
N [kN]	124,44	(Combo str)
T [kN]	51,75	
M [kN]	110,80	
Lato equivalente [mm]	532	
Copri ferro [mm]	70	
Armatura	14 Ø20	
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	4398	
Classe cls	C25/30	
f <sub>ck</sub> cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25	
k [-]	1,66	
ρ <sub>f</sub> [%]	1,79%	
σ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00	
v <sub>min</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37	
V <sub>Rd</sub> [kN]	173,49	
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	0,30	<1
VERIFICA SODDISFATTA		



### 11.3.3.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



### 11.3.3.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	90,95
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

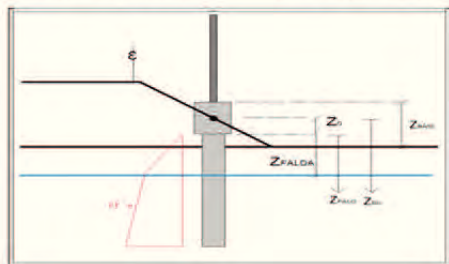
Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	91

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato

#### 11.3.4 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	11.00
Diametro palo	d	[m]	0.60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6.38E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>c</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476
Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0.5
Altezza concio	Δz	[m]	0.5
Profondità falda da testa palo	z <sub>max</sub>	[m]	15.00

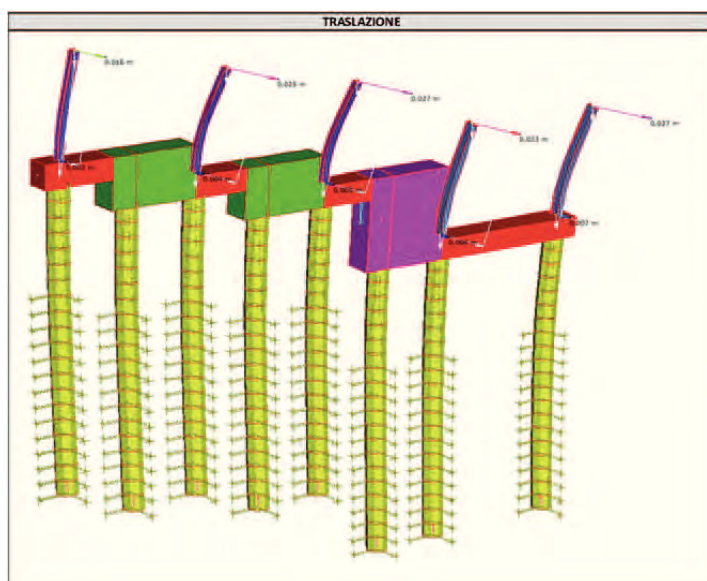
Strato inclinato più superficiale della scarpa	—	—	RI
Angolo di attrito interno medio della scarpa	$\phi_{med}$	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpa	$\alpha$	[°]	34
Coefficiente di spinta passiva per scarpa orizzontale	$k_p$	[-]	5.690
Coefficiente di spinta passiva per scarpa inclinata	$k_{p,i}$	[-]	1.264
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	$n$	[-]	0.370

[illegible]

riedezza medio	1.67	0.36
----------------	------	------

Coefficiente medio	3465
--------------------	------

	L/T	BL
flessibilità	6.58	3.94
lessibilità	L/T>3	BL>2



GEOMETRIA				
Altezza barriera	$H_{bar}$	[m]	3.50	4.00
Interrasse longitudinale	$l_{bar}$	[m]	4.00	4.00
Lunghezza sbarrico	$l_{sbarrico}$	[m]	0.00	0.00
Inclinazione sbarrico	$\alpha_{sbarrico}$	[°]	0	0
Profilo montante		[.]	HE 180 B	IPE 300
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	3.83E +07	8.36E +07
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.703	1.745
Pressione del vento sullo sbarrico	$P_{vento\ sbarrico}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.000	0.000
Altezza pilino	$H_{pilino}$	[m]	0.70	0.70

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI H=3,50 m		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	2.70
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	3.50
Verificato $E_d < C_d - E_d/C_d = 001$		

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI H=4,00 m		
Spostamento totale testa montante $E_s$	cm	2.70
Spostamento ammissibile $C_s = H/100$	cm	4.00
Verificato $Ed < Cd - Ed/Cd = 001$		



### 11.3.5 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

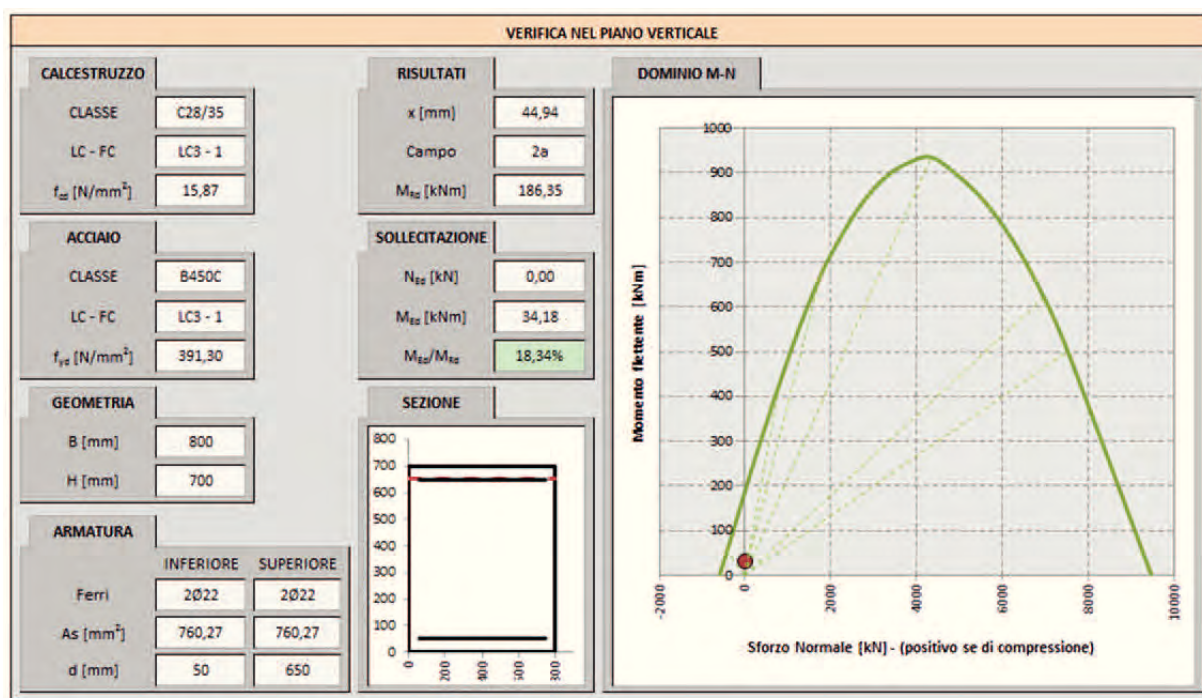
Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø22
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø22
Armatura laterale per flessione orizzontale	1+1 Ø22
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø22
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	4 Ø22
Totale armatura inferiore	4 Ø22

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	42,37
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	34,18
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	21,12
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	75,06
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	139,98
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	77,97

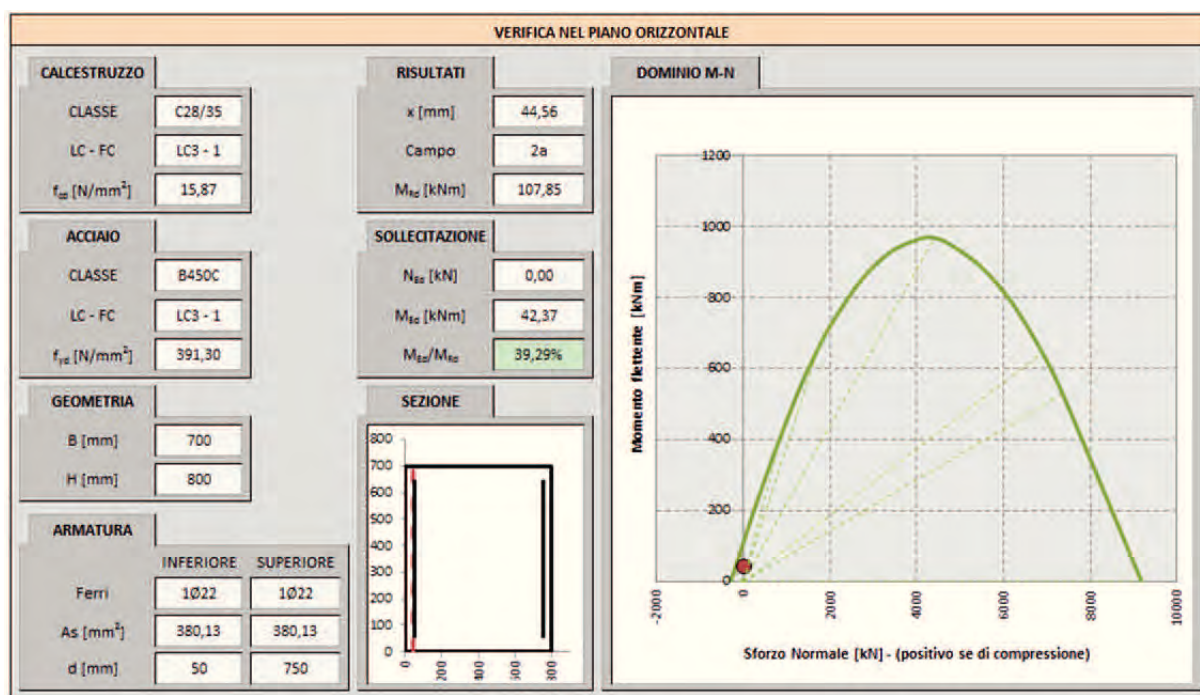


## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	28,99%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	7,07%



Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\emptyset$	22
	As	[mm <sup>2</sup> ]	1520,53

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\emptyset$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	1521
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,67
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	166,27
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	166,27
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	84,19%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_t + \beta_v$	[-]	34,22%



## 11.4 INTERVENTO 2SC SEZ.36

Le verifiche riportate di seguito si riferiscono al caso dimensionante. I restanti interventi antirumore costituiti da barriere con aggetto di lunghezza 3.00m sono stati progettati con lo stesso dimensionamento proposto nei paragrafi seguenti.

### 11.4.1 Azioni di verifica

INTERVENTO			2Sc sez.36
GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	7,00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	3,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	3,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	45
Profilo montante	-	[-]	HE 400 B
GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	34
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15,00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato
GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	3,00
Altezza	H	[m]	0,70
ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Armatura	$A_s$	[-]	14 $\phi 20$
Copriferro	c	[mm]	70
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	342,80

CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	1,553
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,234
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2,209
Carico neve sullo sbraccio	$q_{neve}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,28
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0,723
Peso della struttura	$P$	[kN]	30,53
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE						
	Montanti	Pannelli	Vento	Neve	Sisma	Urto
N [kN]	15,53	15,00	14,06	1,80	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	39,97	0,00	22,07	0,00
M [kNm]	4,94	4,77	218,93	1,91	154,50	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE						
	STR	GEO	RARA	FREQ.	SISMA	URTO
N [kN]	65,12	54,47	45,49	33,34	30,53	0,00
T [kN]	59,96	51,96	39,97	7,99	22,07	0,00
M [kNm]	343,40	296,99	229,60	53,50	164,21	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO						
	STR	GEO	RARA	FREQ.	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	72,22	58,32	52,64	38,58		
$N_{traz}$ [kN]						
T [kN]	59,96	51,96	39,97	7,99		
M [kNm]	261,13	225,90	174,52	40,67		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO						
	STR	GEO	RARA	FREQ.	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	291,82	252,49	194,98	45,43		



## 11.4.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA												
Diametro palo			D	[m]	0,60							
Lunghezza palo			L	[m]	7,50							
Tipologia palo			-	-	Trivellato							
Sovraccarico al piano campagna			$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0							
Profondità falda da testa palo			$z_w$	[m]	15							
Peso specifico acqua			$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81							
Peso specifico calcestruzzo			$\gamma_{dis}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25							
Peso del palo (valore caratteristico)			$W_{palo}$	[kN]	53							

Strati terreno							MEDIO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{media}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{media}$ [°]	$c'_{media}$ [kPa]	$c_{u, media}$ [kPa]	$W_{lim}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	4,88	4,88
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	14,63	14,63
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	24,38	24,38
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	34,13	34,13
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	43,88	43,88
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	53,63	53,63
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	63,38	63,38
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	73,13	73,13
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	82,88	82,88
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	92,63	92,63
11	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,00	5,50	0,50	17,6	32	10	55	2,49	101,90	101,90
12	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,50	6,00	0,50	17,6	32	10	55	2,49	110,70	110,70
13	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,00	6,50	0,50	17,6	32	10	55	2,49	119,50	119,50
14	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,50	7,00	0,50	17,6	32	10	55	2,49	128,30	128,30
15	A1<8.5 Misto	Misto	No	7,00	7,50	0,50	17,6	32	10	55	2,49	137,10	137,10
TOTALE				0,00	7,50	7,50	-	-	-	-	40,01	-	-

Strati terreno							MINIMO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_{min}$ [°]	$c'_{min}$ [kPa]	$c_{u, min}$ [kPa]	$W_{lim}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19	34	0	0	2,69	4,75	4,75
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19	34	0	0	2,69	14,25	14,25
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19	34	0	0	2,69	23,75	23,75
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19	34	0	0	2,69	33,25	33,25
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19	34	0	0	2,69	42,75	42,75
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19	34	0	0	2,69	52,25	52,25
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19	34	0	0	2,69	61,75	61,75
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19	34	0	0	2,69	71,25	71,25
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19	34	0	0	2,69	80,75	80,75
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19	34	0	0	2,69	90,25	90,25
11	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,00	5,50	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	99,30	99,30
12	A1<8.5 Misto	Misto	No	5,50	6,00	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	107,90	107,90
13	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,00	6,50	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	116,50	116,50
14	A1<8.5 Misto	Misto	No	6,50	7,00	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	125,10	125,10
15	A1<8.5 Misto	Misto	No	7,00	7,50	0,50	17,2	30	5	16,5	2,43	133,70	133,70
TOTALE				0,00	7,50	7,50	-	-	-	-	39,02	-	-



		COMPORTAMENTO GRANULARE DEL TERRENO						COMPORTAMENTO COESIVO DEL TERRENO						PORTANZA	
Strati terreno		MEDIO			MINIMO			MEDIO			MINIMO			MEDIO	MINIMO
n. strato	tipo terreno	k compr.	q <sub>s</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	k compr.	q <sub>s</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	α AGI	q <sub>s</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	α AGI	q <sub>s</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]	Q <sub>u</sub> [kN]
1	Ri	0,5	1,71	1,61	0,5	1,60	1,51	-	-	-	-	-	-	1,61	1,51
2	Ri	0,5	5,12	4,83	0,5	4,81	4,53	-	-	-	-	-	-	4,83	4,53
3	Ri	0,5	8,53	8,04	0,5	8,01	7,55	-	-	-	-	-	-	8,04	7,55
4	Ri	0,5	11,95	11,26	0,5	11,21	10,57	-	-	-	-	-	-	11,26	10,57
5	Ri	0,5	15,36	14,48	0,5	14,42	13,59	-	-	-	-	-	-	14,48	13,59
6	Ri	0,5	18,77	17,69	0,5	17,62	16,61	-	-	-	-	-	-	17,69	16,61
7	Ri	0,5	22,19	20,91	0,5	20,83	19,63	-	-	-	-	-	-	20,91	19,63
8	Ri	0,5	25,60	24,13	0,5	24,03	22,65	-	-	-	-	-	-	24,13	22,65
9	Ri	0,5	29,01	27,35	0,5	27,23	25,67	-	-	-	-	-	-	27,35	25,67
10	Ri	0,5	32,43	30,56	0,5	30,44	28,69	-	-	-	-	-	-	30,56	28,69
11	A1<8.5 Misto	0,5	41,84	39,43	0,5	33,67	31,73	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
12	A1<8.5 Misto	0,5	44,59	42,02	0,5	36,15	34,07	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
13	A1<8.5 Misto	0,5	47,34	44,61	0,5	38,63	36,41	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
14	A1<8.5 Misto	0,5	50,09	47,20	0,5	41,11	38,75	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
15	A1<8.5 Misto	0,5	52,83	49,80	0,5	43,60	41,09	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
TOTALE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	316,37	220,96

#### SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	○
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	●
Approccio 2	A1+M1+R3	○

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>F</sub>		(A2)
Permanenti	γ <sub>G1</sub>	1,00
Permanenti non strutturali	γ <sub>G2</sub>	1,30
Variabili	γ <sub>Q</sub>	1,30

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>M</sub>		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	γ <sub>φ'</sub>	1,00
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1,00
Coesione non drenata	γ <sub>c<sub>u</sub></sub>	1,00
Peso dell'unità di volume	γ <sub>γ</sub>	1,00

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>R</sub>		(R2)
Base	γ <sub>b</sub>	1,70
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1,45
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	1,60

FATTORI DI CORRELAZIONE ξ		
Numero verticali esplorate	n° vert	1
Fattore medio	ξ <sub>3</sub>	1,70
Fattore minimo	ξ <sub>4</sub>	1,70

Considero il peso netto del palo in compressione	Si
Considero il peso del palo in trazione	No
Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA LATERALE		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{sk, lat} [kN]$	316,37	220,96
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{sk, lat} [kN]$	186,10	129,98
Valore di progetto a compressione	$Q_{sd, comp} [kN]$	128,34	89,64
Valore di progetto a trazione	$Q_{sd, traz} [kN]$	116,31	81,24

PESO DEL PALO		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto peso netto del palo	$W_{netto Ed} [kN]$	13,01	14,00
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo Ed} [kN]$	53,01	

PORTANZA TOTALE		VENTO	
		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{s,d tot comp} [kN]$	128,34	89,64
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{s,d tot traz} [kN]$	116,31	81,24

PORTANZA DI PROGETTO		VENTO
Portanza di progetto a compressione	$R_{cd} [kN]$	89,64

PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO
Portanza di progetto	$R_{cd} [kN]$	89,64
Azione di progetto	$E_{cd} [kN]$	72,32
Verifica	$E_{cd}/R_{cd}$	80,67%
		Verificato



### 11.4.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	Ri		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	34	$\alpha_{\text{terreno}}$	34
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	7,50	$L$ [m]	7,50
$L'=e+L$ [m]	7,50	$L'=e+L$ [m]	7,50
$\varphi'_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\varphi'_{\text{min}} [^\circ]$	34
$k_p$	1,36	$k_p$	1,00
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H_1$ [kN]	448,8	$H_1$ [kN]	320,6
$f$ [m]	4,3	$f$ [m]	4,3
$M_{\text{max}}$ [kNm]	1294,9	$M_{\text{max}}$ [kNm]	925,0
	>My		>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H_2$ [kN]	185,05	$H_2$ [kN]	165,42
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0
$H_{\text{media}}$ [kN]	185,05	$H_{\text{min}}$ [kN]	165,42
$H_{\text{tr},k \text{ media}}$ [kN]	108,85	$H_{\text{tr},k \text{ min}}$ [kN]	97,31

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr},k \text{ media}}$ [kN]	108,85	68,03	83,73
$H_{\text{tr},k \text{ min}}$ [kN]	97,31	60,82	74,85
$H_{\text{RES}}$ [kN]	97,31	60,82	74,85
$H_{\text{ES}}$ [kN]	59,96	51,96	59,96
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	61,62%	85,44%	80,10%
	Verificato	Verificato	Verificato



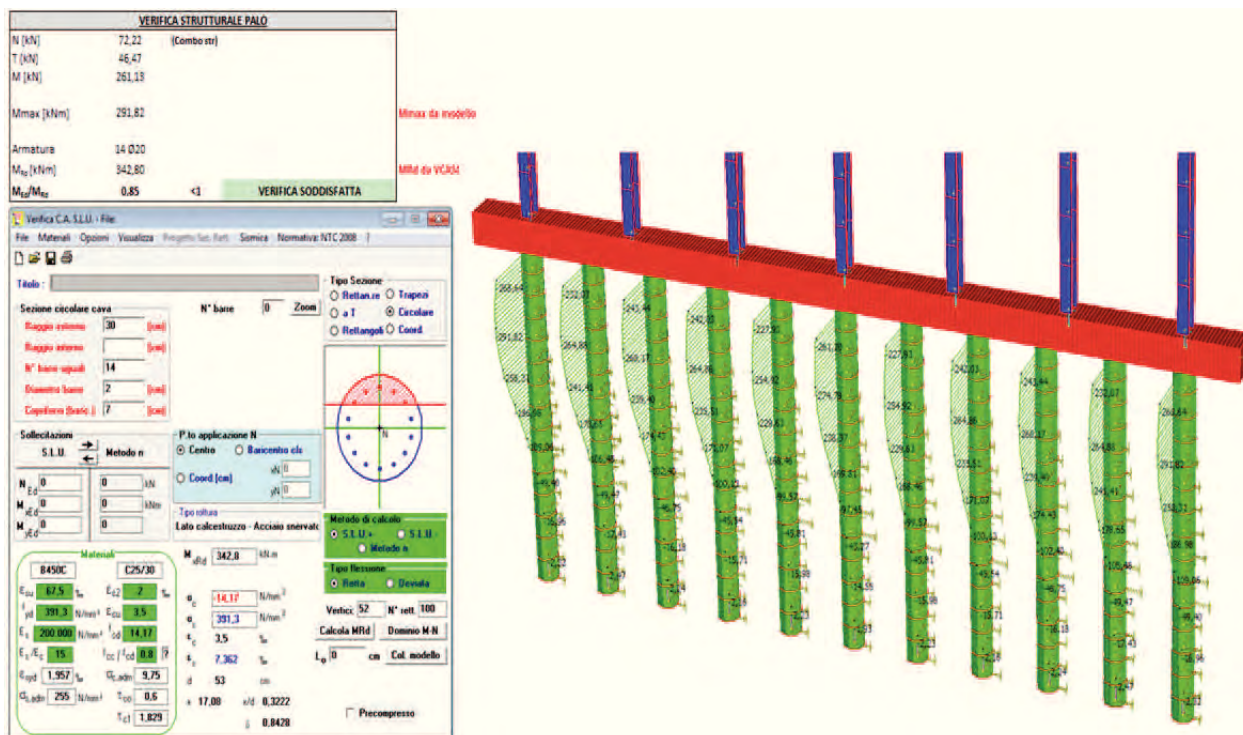
Comportamento non drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:		A1<8.5 Misto	
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
$c_u$ media [kPa]	55	$c_u$ min [kPa]	16,5
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	7,50	$L$ [m]	7,50
$L'=e+L$ [m]	7,50	$L'=e+L$ [m]	7,50
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H1$ [kN]	677,96	$H1$ [kN]	203,39
$f$ [m]	2,3	$f$ [m]	2,3
$M_{max}$ [kNm]	1384,0	$M_{max}$ [kNm]	415,2
$z_{momento\ massimo}$ [m]	3,2	$z_{momento\ massimo}$ [m]	3,2
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H2$ [kN]	257,17	$H2$ [kN]	179,65
$f$ [m]	0,9	$f$ [m]	2,0
$z_{cerniera}$ [m]	1,8	$z_{cerniera}$ [m]	2,9
$H_{media}$ [kN]	257,17	$H_{min}$ [kN]	179,65
$H_{tr,k\ media}$ [kN]	151,28	$H_{tr,k\ min}$ [kN]	105,68

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	151,28	94,55	116,37
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	105,68	66,05	81,29
$H_{RES}$ [kN]	105,68	66,05	81,29
$H_{ES}$ [kN]	59,96	51,96	59,96
$H_{ES}/H_{RES}$	56,74%	78,68%	73,76%
	Verificato	Verificato	Verificato

## 11.4.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

### 11.4.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

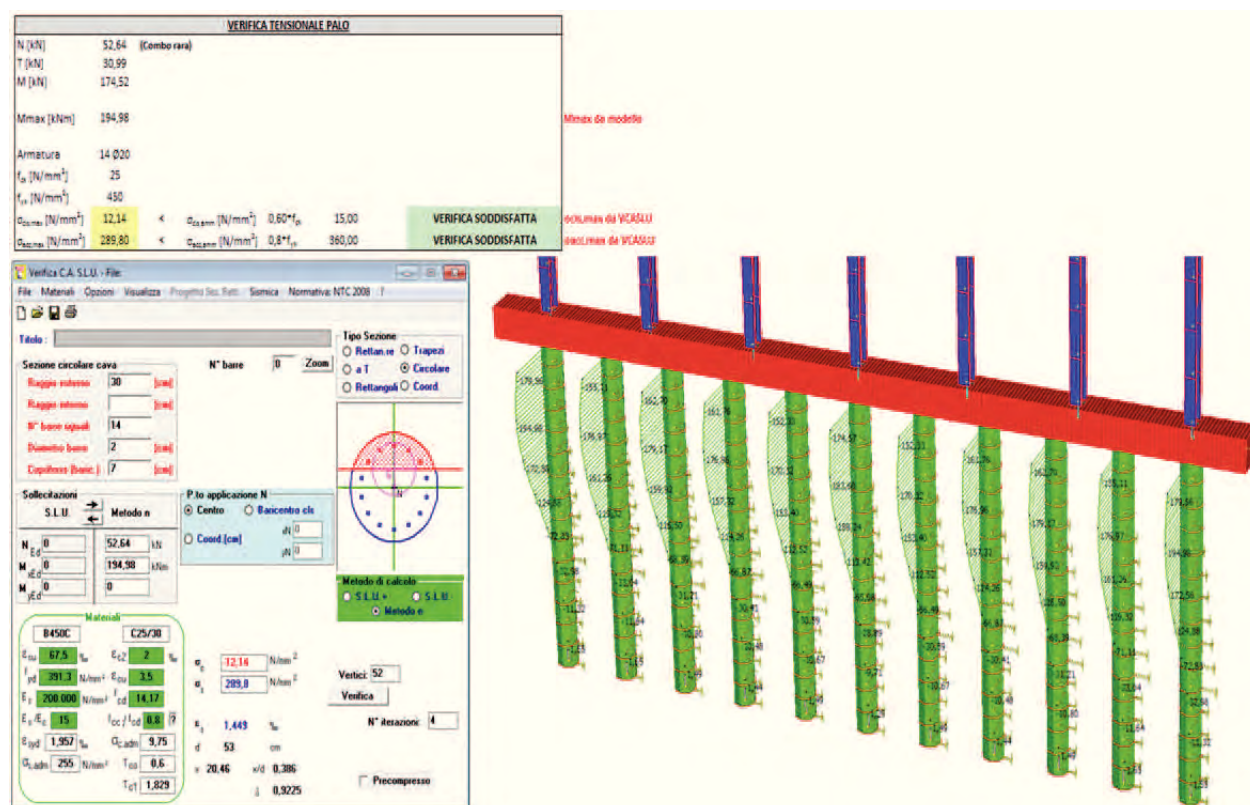


### 11.4.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA		
N [kN]	72,22	(Combo str)
T [kN]	46,47	
M [kN]	261,13	
Lato equivalente [mm]	532	
Copriferro [mm]	70	
Armatura	14 Ø20	
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	4398	
Classe cls	C25/30	
f <sub>ck</sub> cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25	
k [-]	1,66	
ρ <sub>f</sub> [%]	1,79%	
σ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00	
V <sub>min</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37	
V <sub>Ed</sub> [kN]	173,49	
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Ed</sub>	0,27	<1
VERIFICA SODDISFATTA		



#### 11.4.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



#### 11.4.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione frequente	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	60,92
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

Diametro del palo	d	[mm]	600
Copri ferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	91

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato



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

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

TITOLO: \_\_\_\_\_

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]  
Raggio interno: \_\_\_\_\_ [cm]  
N° barre uguali: 14  
Diametro barre: 2 [cm]  
Copriloro (baric.): 7 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettang. ☐ Trapezi  
☐ a T ☒ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 39,35 kN  
M<sub>Ed</sub>: 0 45,61 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 0

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

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

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$ : 67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$ : 2 ‰  
 $i_{yd}$ : 391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$ : 3,5 ‰  
 $E_s$ : 200.000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$ : 14,17  
 $E_s/E_c$ : 15  $I_{cc}/I_{cd}$ : 0,8 [?]  
 $\epsilon_{syd}$ : 1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$ : 9,75  
 $\sigma_{s,adm}$ : 255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$ : 0,6  
 $\tau_{c1}$ : 1,829

$\sigma_c$ : -2,846 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$ : 60,92 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$ : 0,3046 ‰  
d: 53 cm  
x: 21,84 x/d: 0,412  
 $\xi$ : 0,955

Vertici: 52  
Verifica  
N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

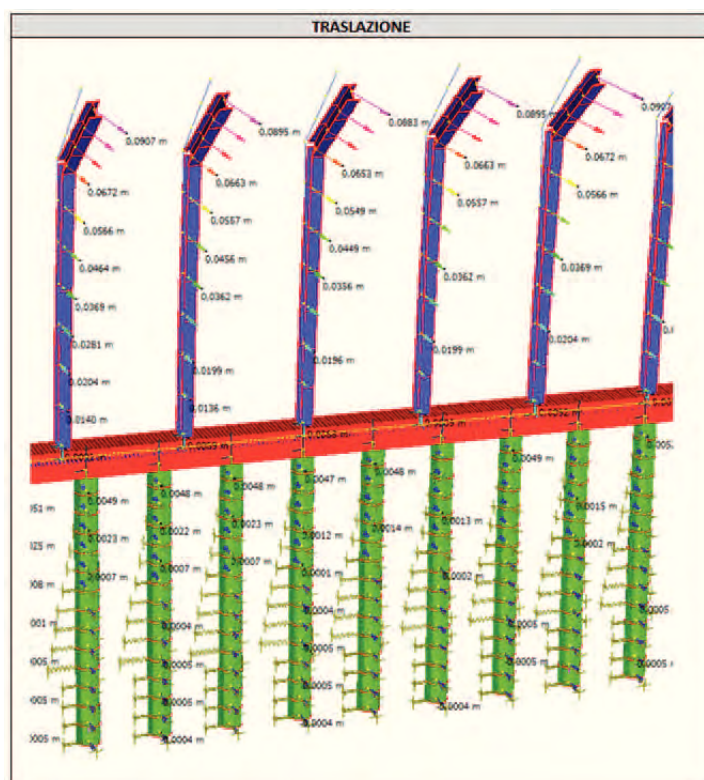
#### 11.4.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	7,50
Diametro palo	d	[m]	0,60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6,36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

Approfondimento testa palo	$z_0$	[m]	0,5
Altezza concio	$\Delta z$	[m]	0,5
Profondità falda da testa palo	$z_{falda}$	[m]	15,00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	-	-	Ri
Angolo di attrito interno medio della scarpata	$\psi_{medio}$ [°]	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	$\alpha$	[°]	34
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	$k_p$	[-]	3,690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	$k_{p,a}$	[-]	1,364
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	$\eta$	[-]	0,370

N° concio	Profondità base concio		Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio	Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della scarpata	Modulo elastico terreno		Rigidezza molle
	Da testa palo	Da piano campagna				Granulare	Coesivo	
[-]	$z_{palo}$ [m]	$z_{pi}$ [m]	-	$k_h$ medio [ $kN/m^3$ ]	$\eta$ [-]	$E_{gran}$ [ $kN/m^2$ ]	$E_{coes}$ [ $kN/m^2$ ]	$k$ [ $kN/m$ ]
1	0,50	1,00	Ri	6000	0,370	2218	-	1331
2	1,00	1,50	Ri	6000	0,370	3327	-	1996
3	1,50	2,00	Ri	6000	1,000	12000	-	7200
4	2,00	2,50	Ri	6000	1,000	15000	-	9000
5	2,50	3,00	Ri	6000	1,000	18000	-	10800
6	3,00	3,50	Ri	6000	1,000	21000	-	12600
7	3,50	4,00	Ri	6000	1,000	24000	-	14400
8	4,00	4,50	Ri	6000	1,000	27000	-	16200
9	4,50	5,00	Ri	6000	1,000	30000	-	18000
10	5,00	5,50	Ri	6000	1,000	33000	-	19800
11	5,50	6,00	A1<8.5 Misto	22000	1,000	132000	22'000	13200
12	6,00	6,50	A1<8.5 Misto	22000	1,000	143'000	22'000	13'200
13	6,50	7,00	A1<8.5 Misto	22000	1,000	154'000	22'000	13'200
14	7,00	7,50	A1<8.5 Misto	22000	1,000	165'000	22'000	13'200
15	7,50	8,00	A1<8.5 Misto	22000	1,000	176'000	22'000	13'200



GEOMETRIA			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	7,00
Interasse longitudinale	$l_{barr}$	[m]	3,00
Lunghezza sbraccio	$l_{sbraccio}$	[m]	3,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	45
Profilo montante	-	[-]	HE 400 B
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[ $mm^4$ ]	5,77E+08
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[ $kN/m^2$ ]	1,236
Pressione del vento sullo sbraccio	$P_{vento\ sbraccio}$	[ $kN/m^2$ ]	2,212
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	0,70

VERIFICA DI DEFORMABILITA'		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	9,07
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	9,12
Verificato $Ed < Cd - Ed/Cd = 0,99$		



#### 11.4.1 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

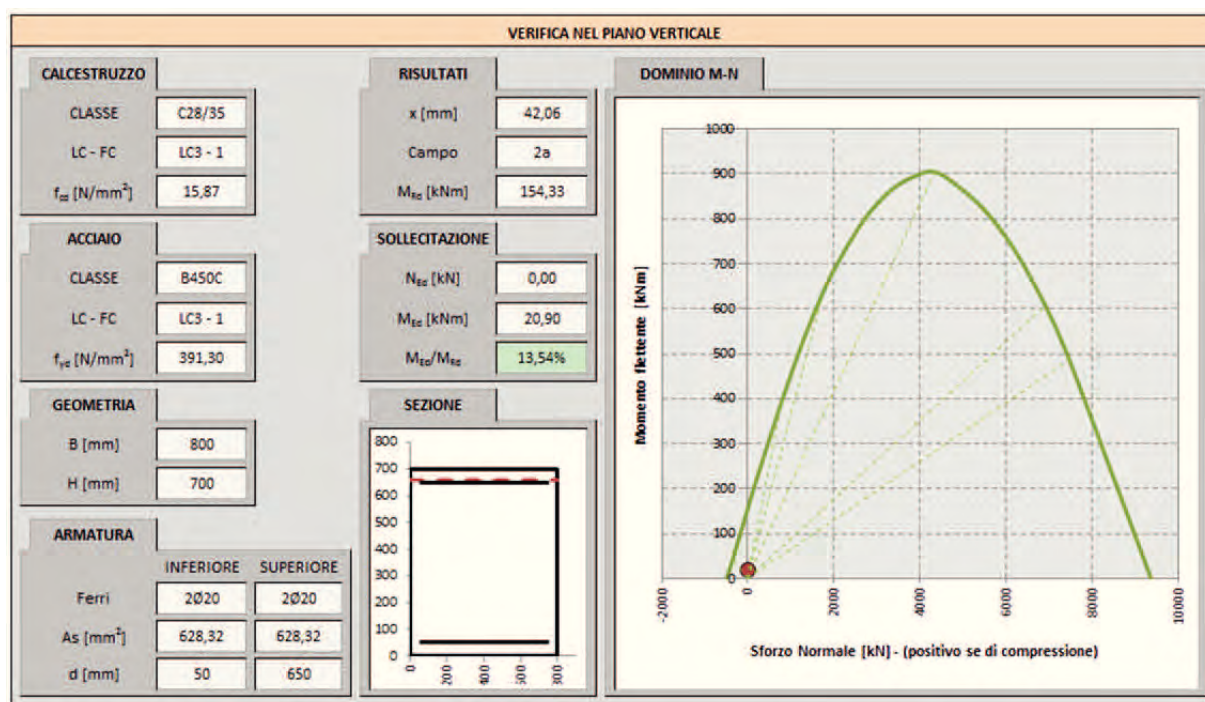
Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø20
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø20
Armatura laterale per flessione orizzontale	1+1 Ø20
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø20
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	4 Ø20
Totale armatura inferiore	4 Ø20

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	41,09
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	20,90
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	37,21
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	54,28
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	107,61
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	65,81

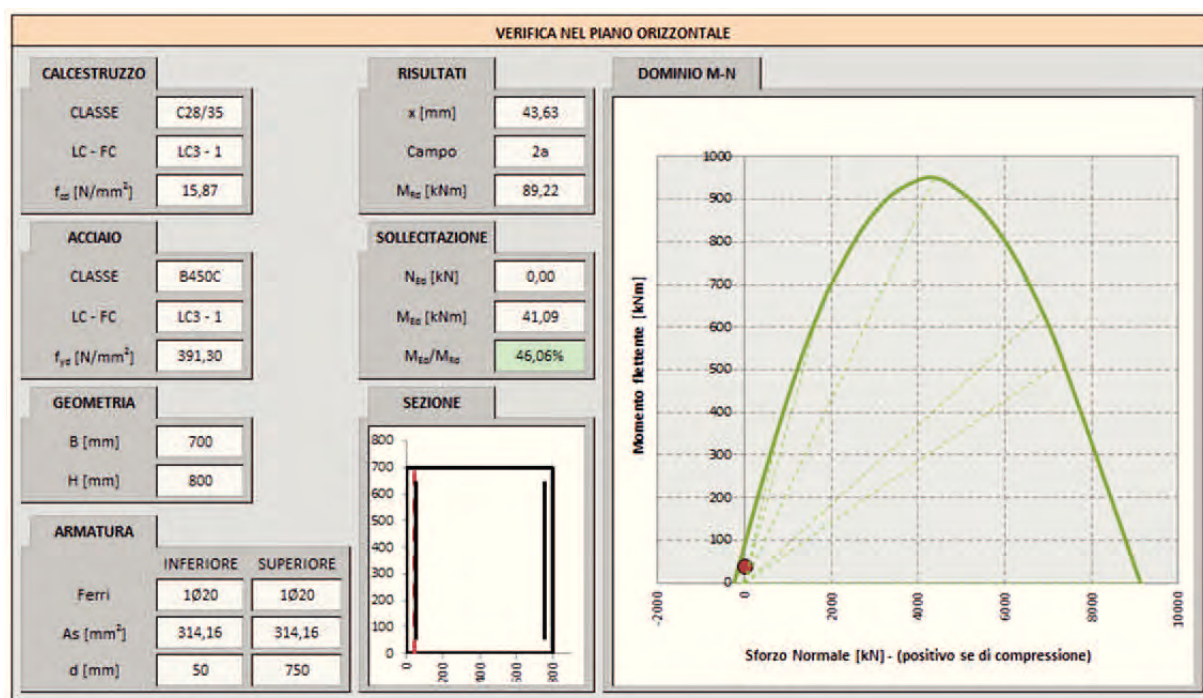


## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	20,97%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	12,46%



Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\phi$	20
	As	[mm <sup>2</sup> ]	1256,64

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\phi$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	1257
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,56
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	137,41
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	137,41
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	78,31%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	26,62%



## 11.6 RIEPILOGO FONDAZIONI CORDOLI SU PALI PER BARRIERA TRADIZIONALE

Tabella 11.1 - Geometria delle fondazioni dei cordoli continui su pali di diametro 600mm per barriera tradizionale

Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza intervento [m]	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Tipo ST	Schema Tipo	Interasse montanti/interasse pali	Lunghezze pali	Armatura
1Sf1					4.00	3.50	4.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/4.00	11.00	14phi20
1Sf1					8.00	3.50	3.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	11.00	14phi20
1Sf1					4.00	3.50	3.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	11.00	14phi20
1Sf2					12.00	3.50	3.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	11.00	14phi20
1Sf2					4.00	3.50	4.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/4.00	11.00	14phi20
2Sc					54.00	9.00	9.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
2Sc					36.00	9.00	9.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
2Sc					24.00	9.00	10.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
2Sc					6.00	9.00	9.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
2Se					27.00	9.00	9.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
2Se					18.00	9.00	10.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
2Se					15.00	9.00	9.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
1Nc					6.00	3.00	3.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	6.00/3.00	10.00	14phi16
1Nc					24.00	3.00	3.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	6.00/3.00	10.00	14phi16
1Nb					18.00	9.00	9.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
1Nb					81.00	9.00	9.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	3.00/1.80	7.50	14phi20
1Na					8.00	4.50	4.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.55	12.00	14phi20
1Na					12.00	4.50	4.50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	12.00	14phi20

## 12. VERIFICHE DEL CORDOLO SU PALI PER BARRIERA INTEGRATA

Le verifiche riportate di seguito si riferiscono al caso dimensionante, corrispondente ai tratti di intervento 1Ne e 2Sd fondati su pali. L'intervento 1Sa2, analogo per tipologia di fondazione ma con barriera antirumore di altezza inferiore, è stato progettato con lo stesso dimensionamento riportato di seguito.

### 12.1 INTERVENTO 1NE H=5.00M

#### 12.1.1 Azioni di verifica

INTERVENTO	1Ne sez.1
------------	-----------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	5.00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	2.25
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0.00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	HE 160 A

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	34
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	9.00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	6.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0.80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	2.25
Altezza	H	[m]	0.70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\phi_{barre}$	[mm]	16
Armatura	$A_s$	[-]	14 $\phi 16$
Copriferro	c	[mm]	63
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	238.30

CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	0.304
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.186
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	75.00
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	1.00
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0.812
Peso della struttura	$P$	[kN]	7.15
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1.52	5.63	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	13.34	5.80	75.00
M [kNm]	0.00	0.00	33.36	29.02	75.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
N [kN]	10.42	8.83	7.15	7.15	7.15
T [kN]	20.01	17.35	13.34	5.80	75.00
M [kNm]	50.03	43.36	33.36	29.02	75.00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	45.48	34.99	34.99		34.99
$N_{traz}$ [kN]					
T [kN]	20.03	17.36	13.35		21.84
M [kNm]	64.08	55.54	42.72		41.16

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	83.32	72.71	55.55		62.47
$T_{MAX}$ [kN]	26.60	23.05	17.73		21.84



### 12.1.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA					
Diametro palo	D	[m]	0.60		
Lunghezza palo	L	[m]	6.00		
Tipologia palo	-	-	Trivellato		
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{so}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0		
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	9		
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81		
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cs}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25		
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	42		

Strati terreno					
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]
1	Ri	Granulare	No	0.00	0.50
2	Ri	Granulare	No	0.50	1.00
3	Ri	Granulare	No	1.00	1.50
4	Ri	Granulare	No	1.50	2.00
5	Ri	Granulare	No	2.00	2.50
6	Ri	Granulare	No	2.50	3.00
7	Ri	Granulare	No	3.00	3.50
8	Ri	Granulare	No	3.50	4.00
9	Ri	Granulare	No	4.00	4.50
10	Ri	Granulare	No	4.50	5.00
11	A1<8.5 Misto	Misto	No	5.00	5.50
12	A1<8.5 Misto	Misto	No	5.50	6.00
				6.00	6.50
				6.50	7.00
				7.00	7.50
				7.50	8.00
TOTALE				0.00	6.00

### PORTANZA LATERALE

	MEDIO								MINIMO							
$\Delta z$ [m]	$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'_{medio}$ [°]	$c'_{medio}$ [kPa]	$c_{u\ medio}$ [kPa]	$W_{arr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'_{min}$ [°]	$c'_{min}$ [kPa]	$c_{u\ min}$ [kPa]	$W_{arr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	4.88	4.88	19	34	0	0	2.69	4.75	4.75		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	14.63	14.63	19	34	0	0	2.69	14.25	14.25		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	24.38	24.38	19	34	0	0	2.69	23.75	23.75		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	34.13	34.13	19	34	0	0	2.69	33.25	33.25		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	43.88	43.88	19	34	0	0	2.69	42.75	42.75		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	53.63	53.63	19	34	0	0	2.69	52.25	52.25		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	63.38	63.38	19	34	0	0	2.69	61.75	61.75		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	73.13	73.13	19	34	0	0	2.69	71.25	71.25		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	82.88	82.88	19	34	0	0	2.69	80.75	80.75		
0.50	19.5	35	0	0	2.76	92.63	92.63	19	34	0	0	2.69	90.25	90.25		
0.50	17.6	32	10	55	2.49	101.90	101.90	17.2	30	5	16.5	2.43	99.30	99.30		
0.50	17.6	32	10	55	2.49	110.70	110.70	17.2	30	5	16.5	2.43	107.90	107.90		
0.50																
0.50																
0.50																
0.50																
6.00					32.54							31.72				

[illegible]



**SCELTE PROGETTUALI**

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_F$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1.00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1.30
Variabili	$\gamma_Q$	1.30

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$\gamma_{\phi'}$	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00
Coesione non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_v$	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_R$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1.70
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.45
Laterale in trazione	$\gamma_x$	1.60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	$n^{\circ}$ vert	1
Fattore medio	$\xi_3$	1.70
Fattore minimo	$\xi_4$	1.70

**PORTANZA TOTALE**

Considero il peso netto del palo in compressione	Si
Considero il peso del palo in trazione	No
Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA DI BASE		VENTO		URTO		SISMA	
		MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata di base	$Q_{d0, base}$ [kN]	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!	-	-
Valore caratteristico portata di base	$Q_{0k, base}$ [kN]	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!	-	-
Valore di progetto portata di base	$Q_{d0, base}$ [kN]	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!	-	-

PORTANZA LATERALE		VENTO		URTO		SISMA	
		MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{d0, lat}$ [kN]	223.06	178.97	223.06	178.97	-	-
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{0k, lat}$ [kN]	131.21	105.28	131.21	105.28	-	-
Valore di progetto a compressione	$Q_{d0, comp}$ [kN]	90.49	72.61	90.49	72.61	-	-
Valore di progetto a trazione	$Q_{d0, trat}$ [kN]	82.01	65.80	82.01	65.80	-	-

PESO DEL PALO		VENTO		URTO		SISMA	
		MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO
Valore di progetto peso netto del palo	$W_{netto, Ed}$ [kN]	9.87	10.69	9.87	10.69	-	-
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo, Ed}$ [kN]	42.41		42.41		-	-

PORTANZA TOTALE		VENTO		URTO		SISMA	
		MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{d0, tot comp}$ [kN]	90.49	72.61	90.49	72.61	-	-
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{d0, tot trat}$ [kN]	82.01	65.80	82.01	65.80	-	-

PORTANZA DI PROGETTO		VENTO		URTO		SISMA	
		MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO	MEDIO	MINIMO
Portanza di progetto a compressione	$R_{cd, c}$ [kN]	72.61		72.61		-	-
Portanza di progetto a trazione	$R_{cd, t}$ [kN]	65.80		65.80		-	-



VERIFICA				
PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{c,d}$ [kN]	72.61	72.61	-
Azione di progetto	$E_{c,d}$ [kN]	45.68	45.68	-
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	62.91%	62.91%	-
		Verificato	Verificato	-
PORTANZA IN TRAZIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{t,d}$ [kN]	0.00	0.00	-
Azione di progetto	$E_{t,d}$ [kN]	0.00	0.00	-
Verifica	$E_{t,d}/R_{t,d}$	-	-	-
		-	-	-
AZIONI DI PROGETTO		$N_{comp}$ [kN]	$N_{trai}$ [kN]	
Vento (Combo GEO - A2)		34.99	0.00	
Urto		34.99	0.00	
Sisma		0.00	0.00	

### 12.1.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI				
Terreno:	Ri			
Falda:	NO			
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>		
$\alpha_{\text{terreno}}$	34	$\alpha_{\text{terreno}}$	34	
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0	
$L$ [m]	6,00	$L$ [m]	6,00	
$L'=e+L$ [m]	6,00	$L'=e+L$ [m]	6,00	
$\varphi'_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\varphi'_{\text{min}} [^\circ]$	34	
$k_p$	1,36	$k_p$	1,00	
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19	
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>		
$H1$ [kN]	287,3	$H1$ [kN]	205,2	
$f$ [m]	3,5	$f$ [m]	3,5	
$M_{\text{max}}$ [kNm]	663,0	$M_{\text{max}}$ [kNm]	473,6	>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>		
$H2$ [kN]	145,22	$H2$ [kN]	129,81	
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0	
$H_{\text{media}}$ [kN]	145,22	$H_{\text{min}}$ [kN]	129,81	
$H_{\text{tr,k media}}$ [kN]	85,42	$H_{\text{tr,k min}}$ [kN]	76,36	

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{tr,d} \text{ media [kN]}$	85,42	53,39	65,71
$H_{tr,d} \text{ min [kN]}$	76,36	47,73	58,74
$H_{RES} \text{ [kN]}$	76,36	47,73	58,74
$H_{ES} \text{ [kN]}$	20,03	17,36	20,03
$H_{ES}/H_{RES}$	26,23%	36,37%	34,10%
	Verificato	Verificato	Verificato

URTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: "1"+M1+R1	Combo 2: "1"+M1+R2	"1"+M1+R3
$H_{tr,d} \text{ media [kN]}$	85,42	53,39	65,71
$H_{tr,d} \text{ min [kN]}$	76,36	47,73	58,74
$H_{RES} \text{ [kN]}$	76,36	47,73	58,74
$H_{ES} \text{ [kN]}$	21,84	21,84	21,84
$H_{ES}/H_{RES}$	28,60%	45,76%	37,18%
	Verificato	Verificato	Verificato

## 12.1.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

### 12.1.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

**VERIFICA STRUTTURALE PALO**

N [kN] 45,48 (Combo str)  
T [kN] 20,03  
M [kN] 64,08

Mmax [kNm] 83,32  
Armatura 14 Ø16  
M<sub>Ed</sub> [kNm] 238,30  
M<sub>Ed</sub>/M<sub>Ed</sub> 0,35 <1 **VERIFICA SODDISFATTA**

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

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

**Titolo:**

**Sezione circolare cava**

flangia esterna [cm] 30  
Raggio interno [cm]  
N° barre uguali 14  
Diametro barre [cm] 1,6  
Coprilana [basic.] 6,3

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm

**P.to applicazione N**

Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

**Tipo sezione**

Retta.re Trapezi  
a T a T  
Rettagoli Coord.

**Metodo di calcolo**

S.L.U. S.L.U.  
Metodo n

**Tipo flessione**

Retta Deviata

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $\epsilon_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cd}$  14,17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 [7]  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\epsilon_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $t_{co}$  0,6  
 $t_{c1}$  1,829

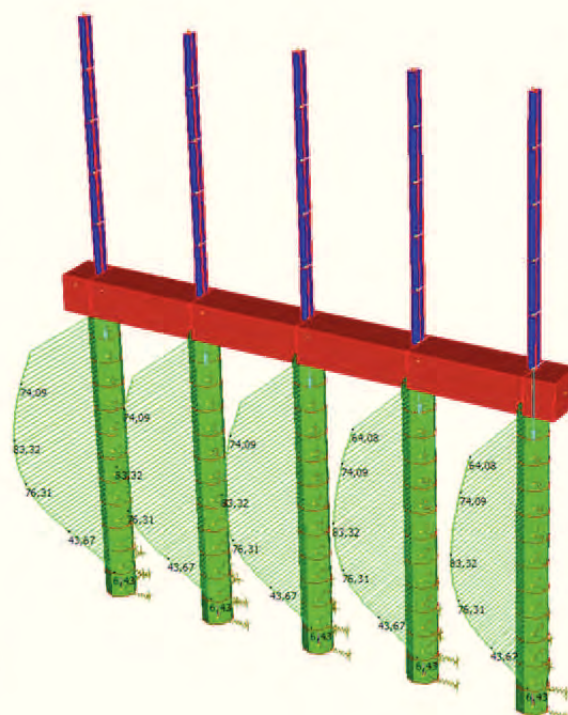
**M<sub>Ed</sub> 238,3 kNm**

$\sigma_c$  14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  9,728 ‰  
d 53,7 cm  
 $\alpha$  14,21  $\alpha/d$  0,2646  
 $\beta$  0,7707

**Verifica**

Vertici: 52 N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

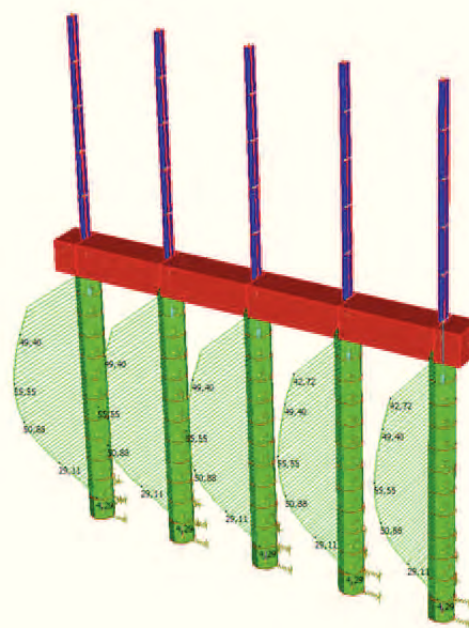
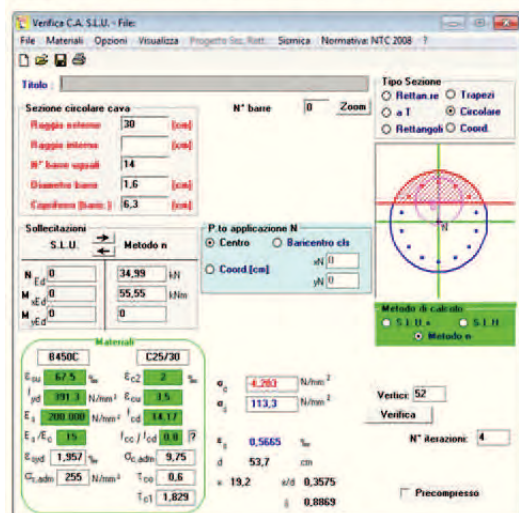


#### 12.1.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA			
N [kN]	45,48	(Combo str)	
T [kN]	20,03		
M [kN]	64,08		
Lato equivalente [mm]	532		
Copriferro [mm]	63		
Armatura	14 Ø16		
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	2815		
Classe cls	C25/30		
$f_{ct,cls}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
k [-]	1,65		
$\rho_l$ [%]	1,13%		
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00		
$v_{min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37		
$V_{Rd}$ [kN]	150,57		
$T_{Ed}/V_{Rd}$	0,13	<1	VERIFICA SODDISFATTA

#### 12.1.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)

VERIFICA TENSIONALE PALO			
$N$ [kN]	34.99	(Combarara)	
$T$ [kN]	13.35		
$M$ [kNm]	42.72		
$V_{max}$ [kNm]	55.55		
Armatura	14 Ø16		
$f_{ct}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
$f_{ctk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	450		
$\sigma_{0,0,perm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	4.20	$\leq$	$\sigma_{0,0,perm}$ [N/mm <sup>2</sup> ] 0.60 $\cdot f_{ct}$ 15.00
$\sigma_{0,0,adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	113.30	$\leq$	$\sigma_{0,0,adm}$ [N/mm <sup>2</sup> ] 0.8 $\cdot f_{ct}$ 360.00
			VERIFICA SODDISFATTA
			VERIFICA SODDISFATTA





## 12.1.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	113,30
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	s <sub>max</sub>	[mm]	300
Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	63
Numero barre	n <sub>barre</sub>	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	16
Spaziatura tra baricentri armatura	s <sub>baricentro</sub>	[mm]	115
Spaziatura netta tra i ferri	s <sub>netta</sub>	[mm]	99
Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	s <sub>netta</sub> < s <sub>max</sub>	[-]	Verificato

### 12.1.5 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

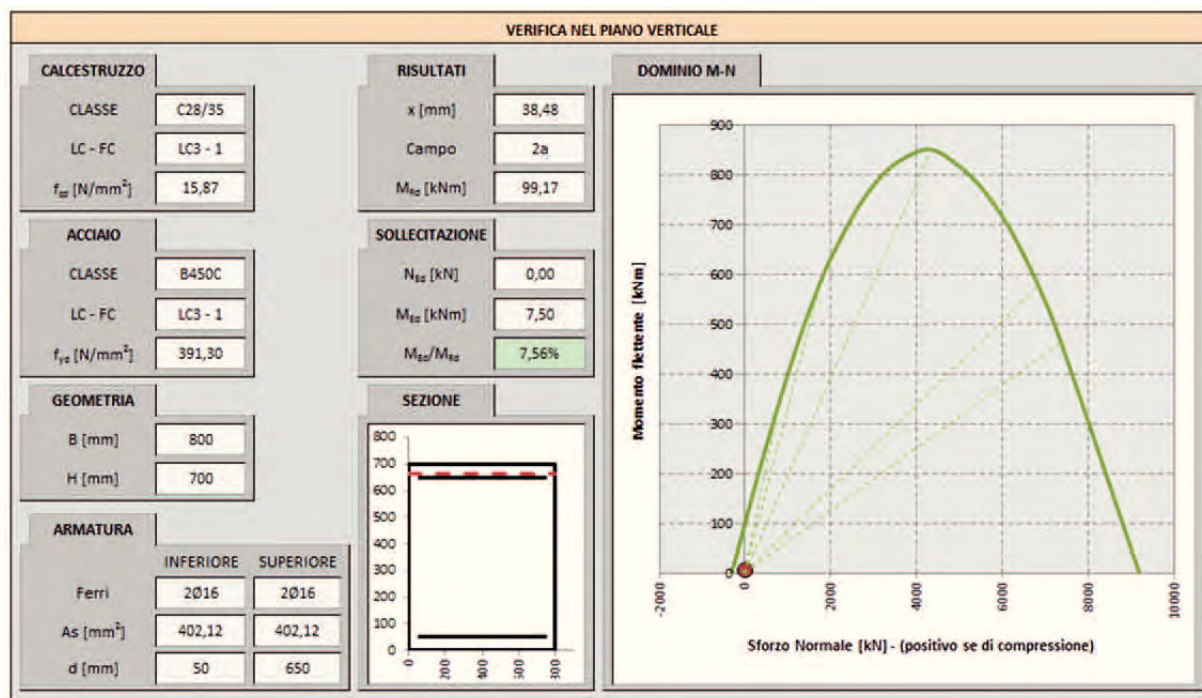
Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø16
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø16
Armatura laterale per flessione orizzontale	2+2 Ø16
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø16
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	4 Ø16
Totale armatura inferiore	4 Ø16

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR e ECC (urto) sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

SOLLECITAZIONI			SLU-STR	ECC
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	0,00	0,00
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	0,00	102,46
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	7,50	5,77
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	0,00	27,44
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	20,27	15,59
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	0,00	33,57
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	20,27	31,56

A favore di sicurezza si considerano per le diverse verifiche, le sollecitazioni maggiori tra le due combinazioni, assumendo dei coefficienti parziali dei materiali  $\gamma_c$  e  $\gamma_s$  per la condizione eccezionale non unitari ma pari a quelli impiegati per la combinazione SLU-STR.

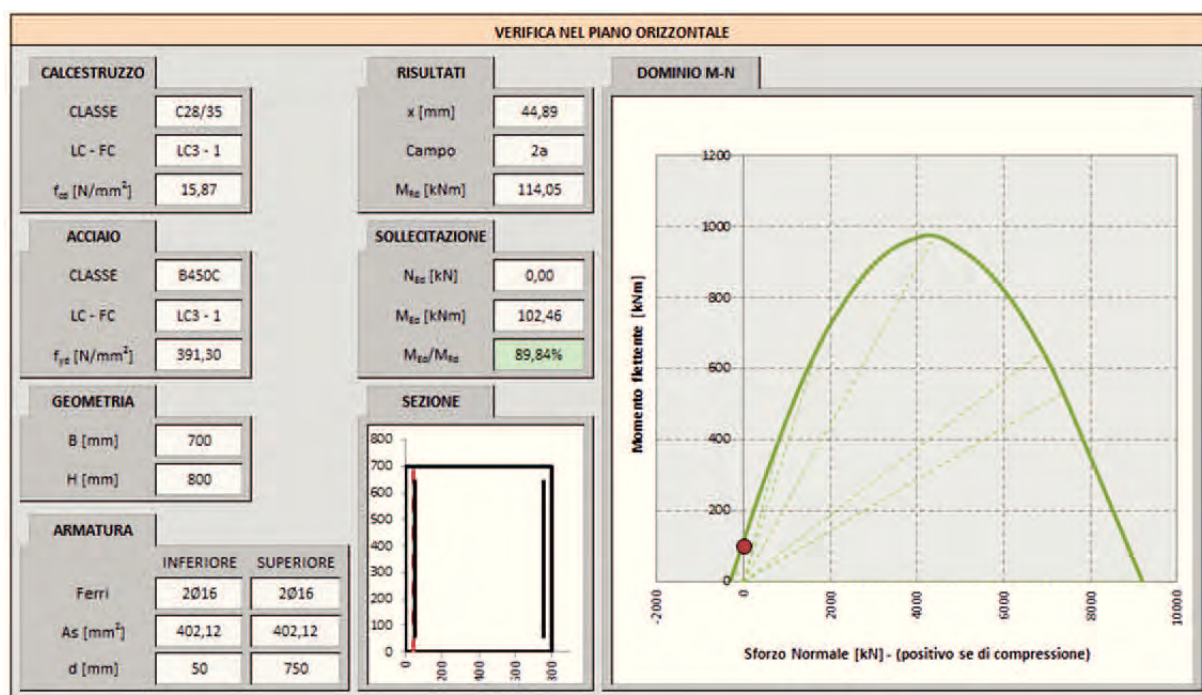
### Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	7,83%



## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	9,19%

Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\phi$	16
	As	[mm <sup>2</sup> ]	804,25

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\phi$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	804
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,36
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	87,94
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	87,94
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	38,17%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	9,04%

## 12.2 RIEPILOGO FONDAZIONI CORDOLO SU PALI PER BARRIERA INTEGRATA

Tabella 12.1 - Fondazioni dei cordoli su pali per barriera integrata

Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza intervento [m]	Altezza acustiche	Altezza strutturali	Tipo ST	Schema Tipo	Interasse montanti/interasse pali	Lunghezza pali	Armatura
1Sa-2					6.75	3.00	3.00	ST-13	integrata su cordolo continuo con pali trivellati	2.25	6.00	14phi16
1Sa-2					6.75	3.00	3.00	ST-13	integrata su cordolo continuo con pali trivellati	2.25	6.00	14phi16
2Sd					11.25	5.00	5.00	ST-13	integrata su cordolo continuo con pali trivellati	2.25	6.00	14phi16
2Sd					11.25	5.00	5.00	ST-13	integrata su cordolo continuo con pali trivellati	2.25	6.00	14phi16
1Ne					13.50	5.00	5.00	ST-13	integrata su cordolo continuo con pali trivellati	2.25	6.00	14phi16
1Ne					9.00	5.00	5.00	ST-13	integrata su cordolo continuo con pali trivellati	2.25	6.00	14phi16



## 13. VERIFICHE DELLE TRAVI DI SCAVALCO IN CALCESTRUZZO

### 13.1 INTERVENTO 1NA2 L=8.00M

#### 13.1.1 Azioni di verifica

INTERVENTO	1Na2
------------	------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	5.00
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4.00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0.00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 300

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15.00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	12.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0.80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-
Altezza	H	[m]	0.70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\varnothing_{barre}$	[mm]	16
Armatura	$A_s$	[-]	14 $\varnothing 16$
Copriferro	c	[mm]	63
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	238.30

CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	0.422
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.134
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0.812
Peso della struttura	$P$	[kN]	12.11
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	2.11	10.00	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	22.68	9.83	0.00
M [kNm]	0.00	0.00	56.70	49.17	0.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	17.75	15.11	12.11	12.11	0.00
T [kN]	34.02	29.48	22.68	9.83	0.00
M [kNm]	85.05	73.71	56.70	49.17	0.00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	132.73	104.36	99.71		
$N_{traz}$ [kN]					
T [kN]	34.00	29.46	22.67		
M [kNm]	98.85	85.67	65.90		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	114.00	98.80	76.00		



### 13.1.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	12.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	85

Strati terreno					
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]
1	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	0.00	0.50
2	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	0.50	1.00
3	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	1.00	1.50
4	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	1.50	2.00
5	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	2.00	2.50
6	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	2.50	3.00
7	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	3.00	3.50
8	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	3.50	4.00
9	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	4.00	4.50
10	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	4.50	5.00
11	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5.00	5.50
12	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5.50	6.00
13	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6.00	6.50
14	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6.50	7.00
15	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7.00	7.50
16	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7.50	8.00
17	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	8.00	8.50
18	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	8.50	9.00
19	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9.00	9.50
20	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9.50	10.00
21	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	10.00	10.50
22	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	10.50	11.00
23	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	11.00	11.50
24	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	11.50	12.00
25				12.00	12.50
26				12.50	13.00
27				13.00	13.50
28				13.50	14.00
29				14.00	14.50
30				14.50	15.00
31				15.00	15.50
32				15.50	16.00
TOTALE				0.00	12.00



**PORTANZA LATERALE**

$\Delta z$ [m]	MEDIO							MINIMO						
	$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{medio}$ [°]	$C'_{medio}$ [kPa]	$Cu_{medio}$ [kPa]	$W_{terr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{min}$ [°]	$C'_{min}$ [kPa]	$Cu_{min}$ [kPa]	$W_{terr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0.50	15.1	0	0	55	2.13	3.78	3.78	13.4	0	0	16	1.89	3.35	3.35
0.50	15.1	0	0	55	2.13	11.33	11.33	13.4	0	0	16	1.89	10.05	10.05
0.50	15.1	0	0	55	2.13	18.88	18.88	13.4	0	0	16	1.89	16.75	16.75
0.50	15.1	0	0	55	2.13	26.43	26.43	13.4	0	0	16	1.89	23.45	23.45
0.50	15.1	0	0	55	2.13	33.98	33.98	13.4	0	0	16	1.89	30.15	30.15
0.50	15.1	0	0	55	2.13	41.53	41.53	13.4	0	0	16	1.89	36.85	36.85
0.50	15.1	0	0	55	2.13	49.08	49.08	13.4	0	0	16	1.89	43.55	43.55
0.50	15.1	0	0	55	2.13	56.63	56.63	13.4	0	0	16	1.89	50.25	50.25
0.50	15.1	0	0	55	2.13	64.18	64.18	13.4	0	0	16	1.89	56.95	56.95
0.50	15.1	0	0	55	2.13	71.73	71.73	13.4	0	0	16	1.89	63.65	63.65
0.50	15.1	0	0	55	2.13	79.28	79.28	13.4	0	0	16	1.89	70.35	70.35
0.50	15.1	0	0	55	2.13	86.83	86.83	13.4	0	0	16	1.89	77.05	77.05
0.50	15.1	0	0	55	2.13	94.38	94.38	13.4	0	0	16	1.89	83.75	83.75
0.50	15.1	0	0	55	2.13	101.93	101.93	13.4	0	0	16	1.89	90.45	90.45
0.50	15.1	0	0	55	2.13	109.48	109.48	13.4	0	0	16	1.89	97.15	97.15
0.50	15.1	0	0	55	2.13	117.03	117.03	13.4	0	0	16	1.89	103.85	103.85
0.50	15.1	0	0	55	2.13	124.58	124.58	13.4	0	0	16	1.89	110.55	110.55
0.50	15.1	0	0	55	2.13	132.13	132.13	13.4	0	0	30	1.89	117.25	117.25
0.50	15.1	0	0	55	2.13	139.68	139.68	13.4	0	0	30	1.89	123.95	123.95
0.50	15.1	0	0	55	2.13	147.23	147.23	13.4	0	0	30	1.89	130.65	130.65
0.50	15.1	0	0	55	2.13	154.78	154.78	13.4	0	0	30	1.89	137.35	137.35
0.50	15.1	0	0	55	2.13	162.33	162.33	13.4	0	0	30	1.89	144.05	144.05
0.50	15.1	0	0	100	2.13	169.88	169.88	13.4	0	0	45	1.89	150.75	150.75
0.50	15.1	0	0	100	2.13	177.43	177.43	13.4	0	0	45	1.89	157.45	157.45
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
0.50														
12.00	-	-	-	-	51.23	-	-	-	-	-	-	45.47	-	-

[illegible]

## SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_r$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1.00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1.30
Variabili	$\gamma_Q$	1.30

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$\gamma_\phi$	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00
Coesione non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_v$	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_h$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1.70
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.45
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	$n^{\circ}$ vert	1
Fattore medio	$\xi_3$	1.70
Fattore minimo	$\xi_4$	1.70



**PORTANZA TOTALE**

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA DI BASE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata di base	$Q_{bm\ base} [kN]$	304.63	159.03
Valore caratteristico portata di base	$Q_{sk\ base} [kN]$	179.20	93.55
Valore di progetto portata di base	$Q_{Rd\ base} [kN]$	105.41	55.03

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{bm\ lat} [kN]$	759.64	411.67
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{sk\ lat} [kN]$	446.85	242.16
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	308.17	167.01
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	279.28	151.35

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{Rd\ tot\ comp} [kN]$	308.17	167.01
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{Rd\ tot\ traz} [kN]$	279.28	151.35

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} [kN]$	167.01
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} [kN]$	151.35

**VERIFICA**

Considero il peso del palo in compressione	Si - Netto
Considero il peso totale del palo in trazione	No

AZIONI DI PROGETTO		VENTO	URTO	SISMA
Carico di compressione testa palo	$N_{comp\ Ed} [kN]$	104.36	0.00	-
Carico di trazione testa palo	$N_{traz\ Ed} [kN]$	0.00	0.00	-
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ medio\ Ed} [kN]$	33.59	33.59	-
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ min\ Ed} [kN]$	39.36	39.36	-
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	84.82	84.82	-

VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{c,d} [kN]$	167.01	167.01	-
Azione di progetto	$E_{c,d} [kN]$	143.72	39.36	-
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	86.05%	23.57%	-
		Verificato	Verificato	-

VERIFICA DI PORTANZA IN TRAZIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{t,d} [kN]$	151.35	151.35	-
Azione di progetto	$E_{t,d} [kN]$	0.00	0.00	-
Verifica	$E_{t,d}/R_{t,d}$	0.00%	0.00%	-
		Verificato	Verificato	-



### 13.1.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	T1<8.5 Misto		
Falda:	NO		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	0	$\alpha_{\text{terreno}}$	0
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0
$L$ [m]	12,00	$L$ [m]	12,00
$L'=e+L$ [m]	12,00	$L'=e+L$ [m]	12,00
$\Phi_{\text{medio}}$ [°]	30	$\Phi_{\text{min}}$ [°]	27
$k_p$	3,00	$k_p$	2,66
$\gamma_{\text{medio}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	15,1	$\gamma_{\text{min}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	13,4
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
$H_1$ [kN]	1957,0	$H_1$ [kN]	1541,5
$f$ [m]	6,9	$f$ [m]	6,9
$M_{\text{max}}$ [kNm]	9033,3	$M_{\text{max}}$ [kNm]	7115,7
	>My		>My
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
$H_2$ [kN]	173,42	$H_2$ [kN]	160,16
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0
$H_{\text{media}}$ [kN]	173,42	$H_{\text{min}}$ [kN]	160,16
$H_{\text{tr},k \text{ media}}$ [kN]	102,01	$H_{\text{tr},k \text{ min}}$ [kN]	94,21

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{\text{tr},d \text{ media}}$ [kN]	102,01	63,76	78,47
$H_{\text{tr},d \text{ min}}$ [kN]	94,21	58,88	72,47
$H_{\text{RES}}$ [kN]	94,21	58,88	72,47
$H_{\text{ES}}$ [kN]	34,00	29,46	34,00
$H_{\text{ES}}/H_{\text{RES}}$	36,09%	50,03%	46,92%
	Verificato	Verificato	Verificato

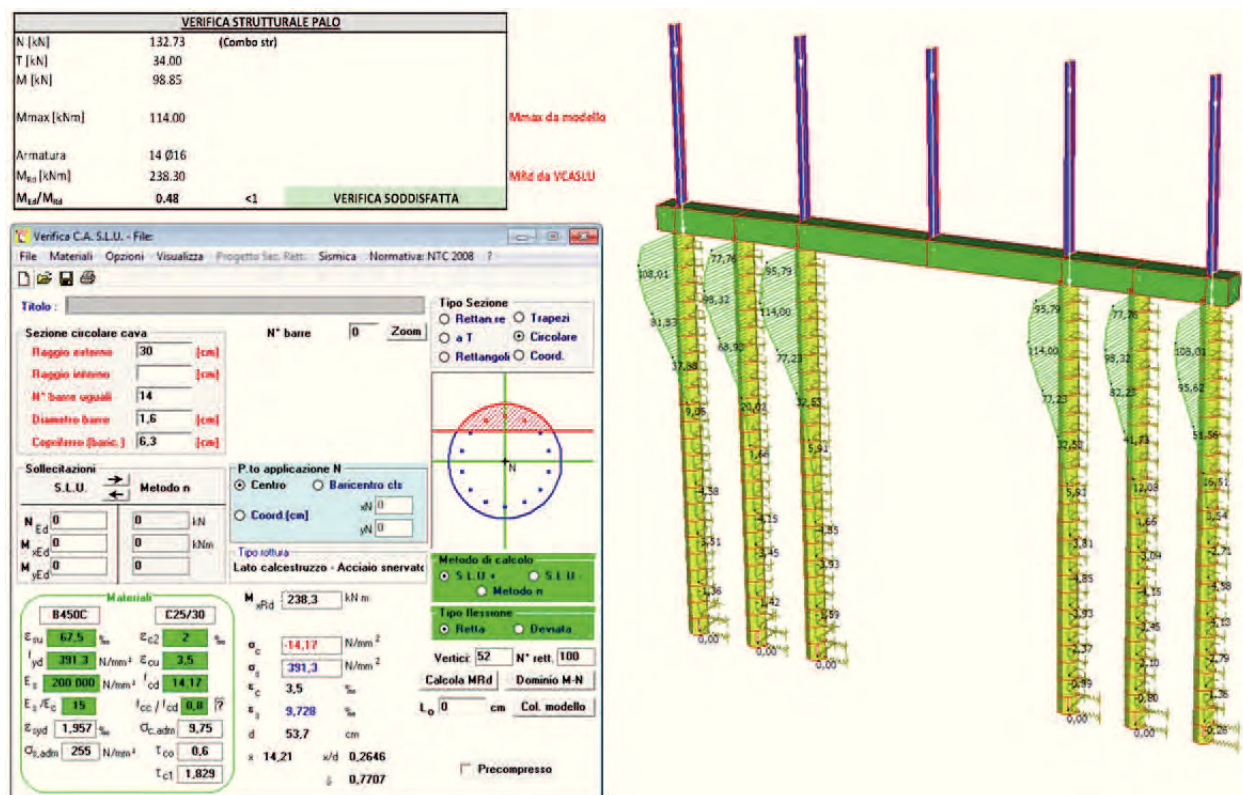
Comportamento non drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:	T1<8.5 Coesivo		
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu <sub>media</sub> [kPa]	55	Cu <sub>min</sub> [kPa]	16
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	12,00	L [m]	12,00
L'=e+L [m]	12,00	L'=e+L [m]	12,00
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>	
H1 [kN]	1223,11	H1 [kN]	355,81
f [m]	4,1	f [m]	4,1
Mmax [kNm]	3619,3	Mmax [kNm]	1052,9
Z <sub>momento massimo</sub> [m]	5,0	Z <sub>momento massimo</sub> [m]	5,0
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>	
H2 [kN]	194,22	H2 [kN]	139,55
f [m]	0,7	f [m]	1,6
Z <sub>cerniera</sub> [m]	1,6	Z <sub>cerniera</sub> [m]	2,5
H <sub>media</sub> [kN]	194,22	H <sub>min</sub> [kN]	139,55
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	114,25	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	82,09

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	114,25	71,40	87,88
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	82,09	51,31	63,15
H <sub>RES</sub> [kN]	82,09	51,31	63,15
H <sub>ES</sub> [kN]	34,00	29,46	34,00
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	41,42%	57,42%	53,84%
	Verificato	Verificato	Verificato

### 13.1.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

#### 13.1.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

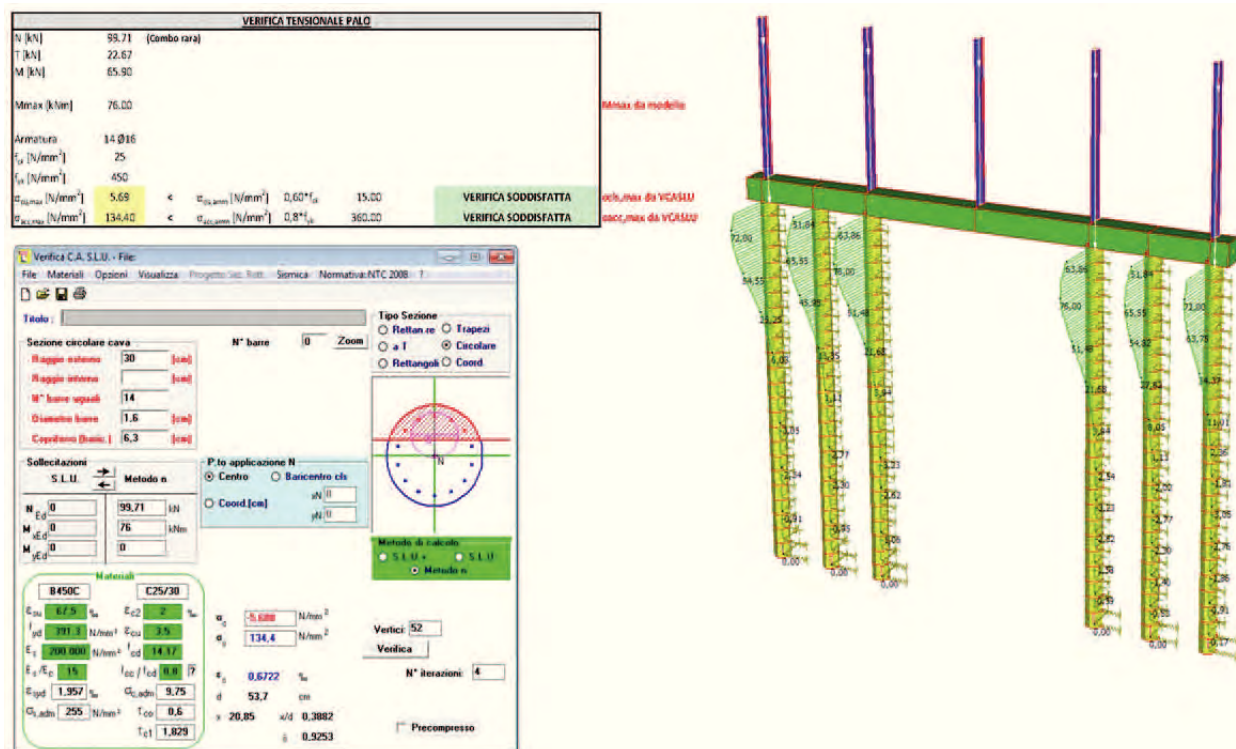


#### 13.1.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA			
N [kN]	132.73	(Combo str)	
T [kN]	34.00		
M [kN]	98.85		
Lato equivalente [mm]	532		
Copriferro [mm]	63		
Armatura	14 Ø16		
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	2815		
Classe cls	C25/30		
f <sub>ck</sub> cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
k [-]	1.65		
ρ <sub>l</sub> [%]	1.13%		
σ <sub>cp</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0.00		
v <sub>min</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	0.37		
V <sub>Rd</sub> [kN]	150.57		
T <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd</sub>	0.23	<1	VERIFICA SODDISFATTA



### 13.1.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



### 13.1.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

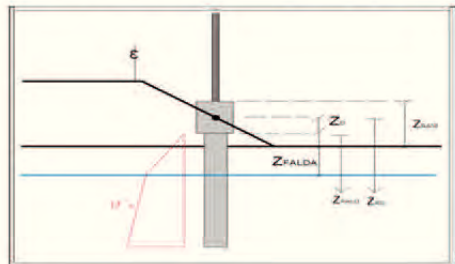
VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	134,40
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

Diametro del palo	d	[mm]	600
Copripilastro armatura	c	[mm]	63
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	16
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	115
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	99

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato

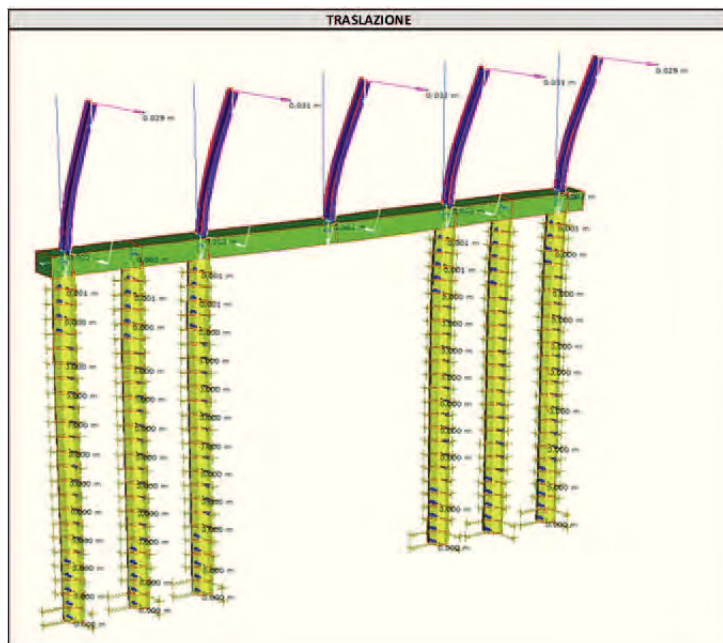
### 13.1.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L [m]	12.00
Diametro palo	d [m]	0.60
Modulo d'inerzia del palo	J [m <sup>4</sup> ]	6.36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E [N/mm <sup>2</sup> ]	31476
Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub> [m]	0.5
Altezza concio	Δz [m]	0.5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub> [m]	15.00
Strato inclinato più superficiale della scarpa	—	R
Angolo di attrito interno medio della scarpa	Φ <sub>medio</sub> [°]	35
Angolo di inclinazione della scarpa	α [°]	0
Coefficiente di spinta passiva per scarpa orizzontale	k <sub>p</sub> [—]	3.690
Coefficiente di spinta passiva per scarpa inclinata	k <sub>p,α</sub> [—]	3.690
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η [—]	1.000



N° concio	Profondità base concio		Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio K <sub>or, medio</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Fattore di rigidità		Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della falda η [—]	Modulo elastico terreno		Rigidità molle k [kN/m]	Coefficiente di sottotondo k [kN/m <sup>3</sup> ]
	Da testa palo z <sub>bas</sub> [m]	Da piano campagna z <sub>co</sub> [m]			Granulare T [m]	Coesivo β [1/m]		Granulare E <sub>gus</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Coesivo E <sub>cas</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		
1	0.50	1.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
2	1.00	1.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
3	1.50	2.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
4	2.00	2.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
5	2.50	3.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
6	3.00	3.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
7	3.50	4.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
8	4.00	4.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
9	4.50	5.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
10	5.00	5.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
11	5.50	6.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
12	6.00	6.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
13	6.50	7.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
14	7.00	7.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
15	7.50	8.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
16	8.00	8.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
17	8.50	9.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
18	9.00	9.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
19	9.50	10.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
20	10.00	10.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
21	10.50	11.00	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
22	11.00	11.50	Tt:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
23	11.50	12.00	Tt:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
24	12.00	12.50	Tt:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
25	12.50	13.00									
26	13.00	13.50									
27	13.50	14.00									
28	14.00	14.50									
29	14.50	15.00									
30	15.00	15.50									
31	15.50	16.00									
32	16.00	16.50									
33	16.50	17.00									

Spinta medio	#DIV/0!	0.36	Coefficiente medio	4230
	L/T	BL		
iflessibilità	#DIV/0!	4.36		
iflessibilità	#DIV/0!	BL>2		



GEOMETRIA			
Altezza barriera	H <sub>bar</sub> [m]	5.00	
Interasse longitudinale	l <sub>bar</sub> [m]	4.00	
Lunghezza sbraccio	L <sub>sbraccio</sub> [m]	0.00	
Inclinazione sbraccio	α <sub>sbraccio</sub> [°]	0	
Profilo montante	[—]	IPE 300	
Momento d'inerzia montante	J <sub>mont</sub> [mm <sup>4</sup> ]	8.36E+07	
Pressione del vento sul montante	p <sub>vento mont</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	1.134	
Pressione del vento sullo sbraccio	p <sub>vento sbraccio</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.000	
Altezza plinto	H <sub>plinto</sub> [m]	0.70	
VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI			
Spostamento totale testa montante E <sub>d</sub>	cm	3.20	
Spostamento ammissibile C <sub>d</sub> = H/100	cm	5.00	
Verificato Ed<Cd - Ed/Cd = 0.01			



### 13.1.6 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	$N_{ed}$	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	$M_{ed h}$	[kNm]	73,16
Momento flettente verticale	$M_{ed v}$	[kNm]	86,97
Taglio orizzontale	$V_{ed h}$	[kN]	18,27
Taglio verticale	$V_{ed v}$	[kN]	77,38
Momento torcente	$T_{ed}$	[kNm]	61,26
Taglio risultante	$V_{ed}$	[kN]	79,51

Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

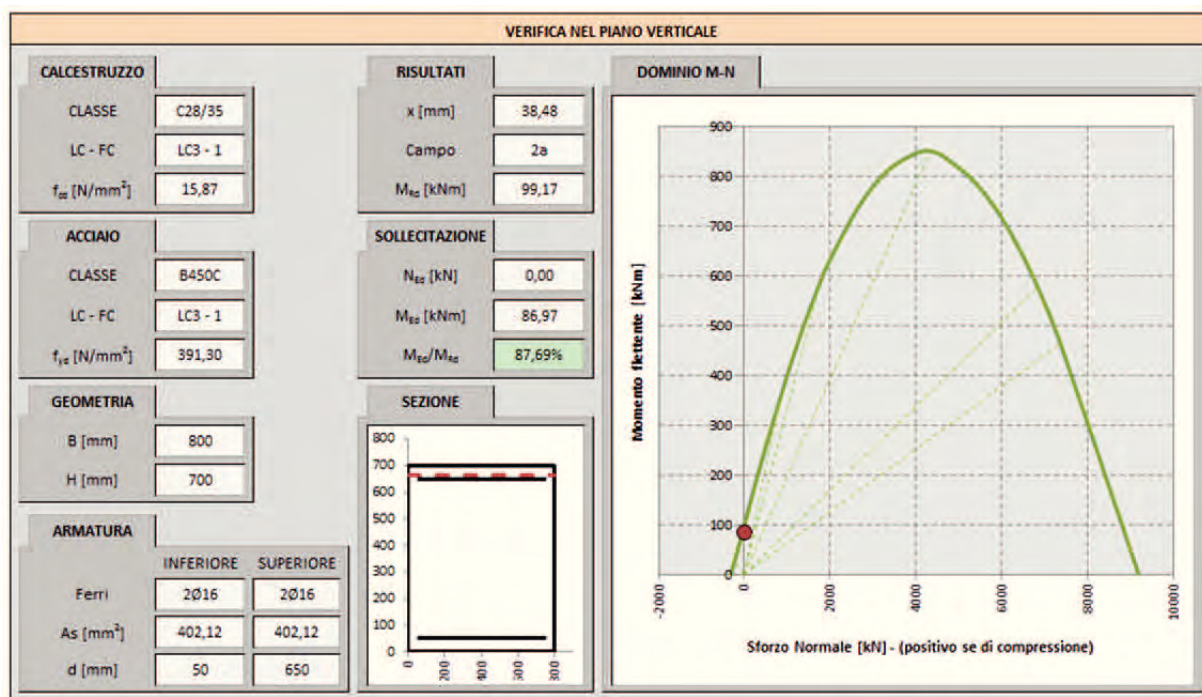
Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø16
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø16
Armatura laterale per flessione orizzontale	2+2 Ø16
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø16
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	4 Ø16
Totale armatura inferiore	4 Ø16

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	$N_{ed}$	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	$M_{ed h}$	[kNm]	71,86
Momento flettente verticale	$M_{ed v}$	[kNm]	163,47
Taglio orizzontale	$V_{ed h}$	[kN]	28,18
Taglio verticale	$V_{ed v}$	[kN]	79,32
Momento torcente	$T_{ed}$	[kNm]	147,94
Taglio risultante	$V_{ed}$	[kN]	84,18

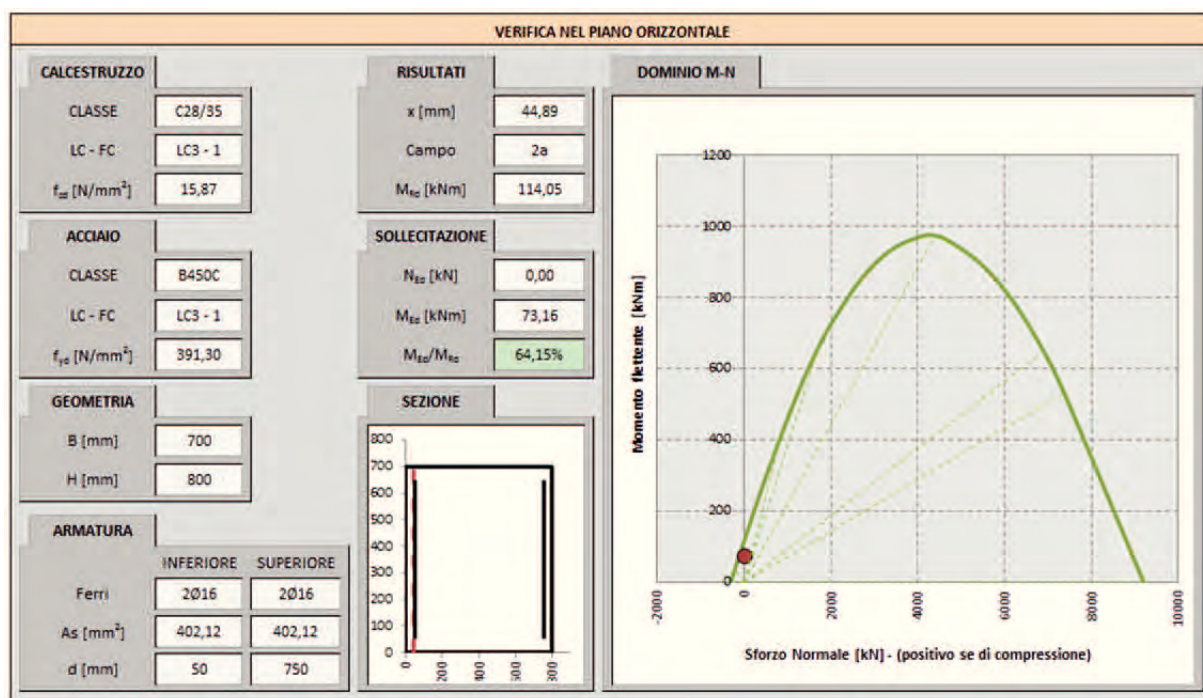


## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	29,89%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	6,12%



Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\emptyset$	16
	As	[mm <sup>2</sup> ]	804,25

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\emptyset$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	804
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,36
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	87,94
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	87,94
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	69,66%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	17,42%



## 13.2 INTERVENTO 3ND L=12.00M

### 13.2.1 Azioni di verifica

INTERVENTO			3Nd	
GEOMETRIA MONTANTE				
Altezza barriera	H <sub>barr</sub>	[m]	4.00	7.00
Interasse longitudinale	i <sub>barr</sub>	[m]	6.00	4.00
Lunghezza sbraccio	L <sub>sbraccio</sub>	[m]	0.00	0.00
Inclinazione sbraccio	α <sub>sbraccio</sub>	[°]	0	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 300	HE 360 B

GEOMETRIA TERRENO				
Inclinazione scarpata	α	[°]	34	
Profondità falda da testa palo	z <sub>w</sub>	[m]	15.00	
Sovraccarico al piano campagna	Δσ <sub>sov</sub>	[kN/m <sup>2</sup> ]	0	

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	14.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0.80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-
Altezza	H	[m]	0.70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	n <sub>barre</sub>	[-]	14
Diametro barre longitudinali	Ø <sub>barre</sub>	[mm]	16
Armatura	A <sub>s</sub>	[-]	14 Ø16
Copriferro	c	[mm]	63
Momento resistente	M <sub>y</sub>	[kNm]	238.30

da VCASLU

CARICHI				
Peso proprio montante	$P_{mont}$	[kN/m]	0.422	1.418
Peso proprio pannelli	$P_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0.50	0.50
Pressione del vento sul montante	$P_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1.236	1.280
Pressione del vento sullo sbraccio	$P_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]		
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]		
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]		
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0.812	0.812
Peso della struttura	$P$	[kN]	13.69	23.92
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{ds}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25	
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81	

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE H=7,00 m					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	9.92	14.00	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	35.84	19.43	0.00
M [kNm]	0.00	0.00	125.44	135.98	0.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE H=7,00 m					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	33.90	28.12	23.92	23.92	0.00
T [kN]	53.76	46.59	35.84	19.43	0.00
M [kNm]	188.16	163.07	125.44	135.98	0.00

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE H=4,00 m					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	1.69	12.00	0.00	0.00	0.00
T [kN]	0.00	0.00	29.66	11.12	0.00
M [kNm]	0.00	0.00	59.33	44.46	0.00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE H=4,00 m					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	20.20	17.29	13.69	13.69	0.00
T [kN]	44.50	38.56	29.66	11.12	0.00
M [kNm]	88.99	77.13	59.33	44.46	0.00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	233.54	183.81	175.26		
$N_{traz}$ [kN]	13.74	10.91	10.21		
$T$ [kN]	47.80	41.50	31.92		
$M$ [kNm]	168.80	146.30	112.54		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	199.58	172.97	133.05		



### 13.2.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0.60
Lunghezza palo	L	[m]	14.00
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	15
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	99

Strati terreno						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]
1	Ri	Granulare	No	0.00	0.50	0.50
2	Ri	Granulare	No	0.50	1.00	0.50
3	Ri	Granulare	No	1.00	1.50	0.50
4	Ri	Granulare	No	1.50	2.00	0.50
5	Ri	Granulare	No	2.00	2.50	0.50
6	Ri	Granulare	No	2.50	3.00	0.50
7	Ri	Granulare	No	3.00	3.50	0.50
8	Ri	Granulare	No	3.50	4.00	0.50
9	Ri	Granulare	No	4.00	4.50	0.50
10	Ri	Granulare	No	4.50	5.00	0.50
11	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5.00	5.50	0.50
12	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5.50	6.00	0.50
13	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6.00	6.50	0.50
14	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6.50	7.00	0.50
15	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7.00	7.50	0.50
16	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7.50	8.00	0.50
17	T1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	8.00	8.50	0.50
18	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	8.50	9.00	0.50
19	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9.00	9.50	0.50
20	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9.50	10.00	0.50
21	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	10.00	10.50	0.50
22	T1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	10.50	11.00	0.50
23	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	11.00	11.50	0.50
24	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	11.50	12.00	0.50
25	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	12.00	12.50	0.50
26	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	12.50	13.00	0.50
27	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	13.00	13.50	0.50
28	T1>11.0 Coesivo	Coesivo	No	13.50	14.00	0.50
29				14.00	14.50	0.50
30				14.50	15.00	0.50
31				15.00	15.50	0.50
32				15.50	16.00	0.50
TOTALE				0.00	14.00	14.00

**PORTANZA LATERALE**

MEDIO							MINIMO						
$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{medio}$ [°]	$C'_{medio}$ [kPa]	$Cu_{medio}$ [kPa]	$W_{terr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{min}$ [°]	$C'_{min}$ [kPa]	$Cu_{min}$ [kPa]	$W_{terr}$ [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
19.5	35	0	0	2.76	4.88	4.88	19	34	0	0	2.69	4.75	4.75
19.5	35	0	0	2.76	14.63	14.63	19	34	0	0	2.69	14.25	14.25
19.5	35	0	0	2.76	24.38	24.38	19	34	0	0	2.69	23.75	23.75
19.5	35	0	0	2.76	34.13	34.13	19	34	0	0	2.69	33.25	33.25
19.5	35	0	0	2.76	43.88	43.88	19	34	0	0	2.69	42.75	42.75
19.5	35	0	0	2.76	53.63	53.63	19	34	0	0	2.69	52.25	52.25
19.5	35	0	0	2.76	63.38	63.38	19	34	0	0	2.69	61.75	61.75
19.5	35	0	0	2.76	73.13	73.13	19	34	0	0	2.69	71.25	71.25
19.5	35	0	0	2.76	82.88	82.88	19	34	0	0	2.69	80.75	80.75
19.5	35	0	0	2.76	92.63	92.63	19	34	0	0	2.69	90.25	90.25
15.1	0	0	55	2.13	101.28	101.28	13.4	0	0	16	1.89	98.35	98.35
15.1	0	0	55	2.13	108.83	108.83	13.4	0	0	16	1.89	105.05	105.05
15.1	0	0	55	2.13	116.38	116.38	13.4	0	0	16	1.89	111.75	111.75
15.1	0	0	55	2.13	123.93	123.93	13.4	0	0	16	1.89	118.45	118.45
15.1	0	0	55	2.13	131.48	131.48	13.4	0	0	16	1.89	125.15	125.15
15.1	0	0	55	2.13	139.03	139.03	13.4	0	0	16	1.89	131.85	131.85
15.1	0	0	55	2.13	146.58	146.58	13.4	0	0	16	1.89	138.55	138.55
15.1	0	0	55	2.13	154.13	154.13	13.4	0	0	30	1.89	145.25	145.25
15.1	0	0	55	2.13	161.68	161.68	13.4	0	0	30	1.89	151.95	151.95
15.1	0	0	55	2.13	169.23	169.23	13.4	0	0	30	1.89	158.65	158.65
15.1	0	0	55	2.13	176.78	176.78	13.4	0	0	30	1.89	165.35	165.35
15.1	0	0	55	2.13	184.33	184.33	13.4	0	0	30	1.89	172.05	172.05
15.1	0	0	100	2.13	191.88	191.88	13.4	0	0	45	1.89	178.75	178.75
15.1	0	0	100	2.13	199.43	199.43	13.4	0	0	45	1.89	185.45	185.45
15.1	0	0	100	2.13	206.98	206.98	13.4	0	0	45	1.89	192.15	192.15
15.1	0	0	100	2.13	214.53	214.53	13.4	0	0	45	1.89	198.85	198.85
15.1	0	0	100	2.13	222.08	222.08	13.4	0	0	45	1.89	205.55	205.55
15.1	0	0	100	2.13	229.63	229.63	13.4	0	0	45	1.89	212.25	212.25
-	-	-	-	65.99	-	-	-	-	-	-	60.96	-	-

[illegible]



**SCELTE PROGETTUALI**

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_F$		(A2)
Permanenti	$\gamma_{G1}$	1.00
Permanenti non strutturali	$\gamma_{G2}$	1.30
Variabili	$\gamma_Q$	1.30

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_M$		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	$\gamma_{\phi'}$	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00
Coesione non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_p$	1.00

COEFFICIENTI PARZIALI $\gamma_R$		(R2)
Base	$\gamma_b$	1.70
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.45
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.60

FATTORI DI CORRELAZIONE $\xi$		
Numero verticali esplorate	$n^{\circ}$ vert	1
Fattore medio	$\xi_3$	1.70
Fattore minimo	$\xi_4$	1.70

**PORTANZA TOTALE**

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA DI BASE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata di base	$Q_{Rm\ base} [kN]$	319.39	174.52
Valore caratteristico portata di base	$Q_{Rk\ base} [kN]$	187.88	102.66
Valore di progetto portata di base	$Q_{Rd\ base} [kN]$	110.52	60.39

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{Rm\ lat} [kN]$	760.27	562.66
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{Rk\ lat} [kN]$	447.22	330.97
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	308.43	228.26
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	279.51	206.86

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{Rd\ tot\ comp} [kN]$	308.43	228.26
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{Rd\ tot\ traz} [kN]$	279.51	206.86

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} [kN]$	228.26
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} [kN]$	206.86

VERIFICA				
Considero il peso del palo in compressione		Si - Netto		
Considero il peso totale del palo in trazione		No		
AZIONI DI PROGETTO		VENTO	URTO	SISMA
Carico di compressione testa palo	$N_{comp,Ed}$ [kN]	183.81	0.00	-
Carico di trazione testa palo	$N_{traz,Ed}$ [kN]	10.91	0.00	-
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto,medio,Ed}$ [kN]	32.97	32.97	-
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto,min,Ed}$ [kN]	38.00	38.00	-
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo,Ed}$ [kN]	98.96	98.96	-
VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{c,d}$ [kN]	228.26	228.26	-
Azione di progetto	$E_{c,d}$ [kN]	221.81	38.00	-
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	97.18%	16.65%	-
		Verificato	Verificato	-
VERIFICA DI PORTANZA IN TRAZIONE		VENTO	URTO	SISMA
Portanza di progetto	$R_{t,d}$ [kN]	206.86	206.86	-
Azione di progetto	$E_{t,d}$ [kN]	10.91	0.00	-
Verifica	$E_{t,d}/R_{t,d}$	5.27%	0.00%	-
		Verificato	Verificato	-

### 13.2.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI				
Terreno:	Ri			
Falda:	NO			
<b>Caratteristiche medie del terreno</b>		<b>Caratteristiche minime del terreno</b>		
$\alpha_{terreno}$	34	$\alpha_{terreno}$	34	
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0	
$L$ [m]	14,00	$L$ [m]	14,00	
$L'=e+L$ [m]	14,00	$L'=e+L$ [m]	14,00	
$\Phi_{medio}$ [°]	35	$\Phi_{min}$ [°]	34	
$k_p$	1,36	$k_p$	1,00	
$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19,5	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19	
<b>Palo corto</b>		<b>Palo corto</b>		
$H1$ [kN]	1563,9	$H1$ [kN]	1117,2	
$f$ [m]	8,1	$f$ [m]	8,1	
$M_{max}$ [kNm]	8422,3	$M_{max}$ [kNm]	6016,5	>My
<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>		
$H2$ [kN]	145,22	$H2$ [kN]	129,81	
$f(H)$	0,0	$f(H)$	0,0	
$H_{media}$ [kN]	145,22	$H_{min}$ [kN]	129,81	
$H_{tr,k media}$ [kN]	85,42	$H_{tr,k min}$ [kN]	76,36	

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	85,42	53,39	65,71
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	76,36	47,73	58,74
$H_{RES}$ [kN]	76,36	47,73	58,74
$H_{ES}$ [kN]	47,80	41,50	47,80
$H_{ES}/H_{RES}$	62,60%	86,96%	81,38%
	Verificato	Verificato	Verificato

Comportamento non drenato:

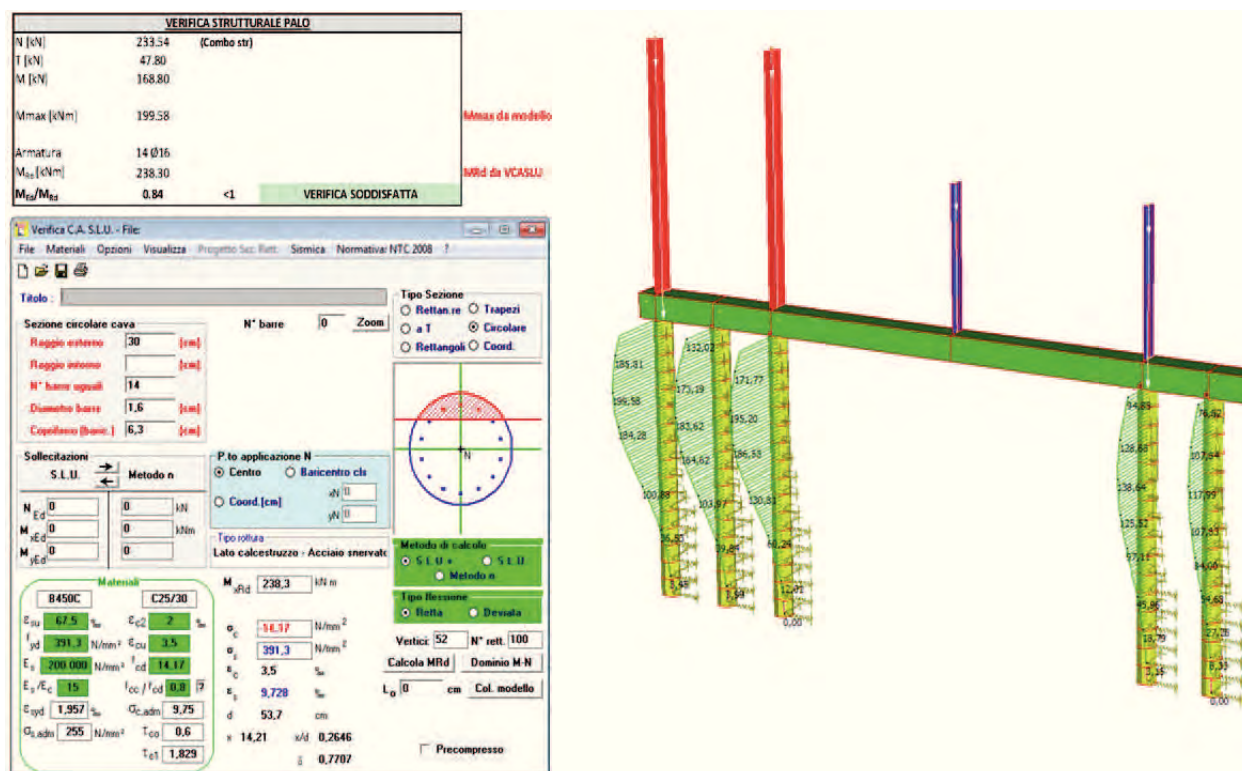
VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI				
Terreno:	T1<8.5 Coesivo			
<u>Caratteristiche medie del terreno</u>		<u>Caratteristiche minime del terreno</u>		
Parametri del terreno		Parametri del terreno		
$Cu_{media}$ [kPa]	55	$Cu_{min}$ [kPa]	16	
$e$ [m]	0	$e$ [m]	0	
$L$ [m]	14,00	$L$ [m]	14,00	
$L'=e+L$ [m]	14,00	$L'=e+L$ [m]	14,00	
<u>Palo corto</u>		<u>Palo corto</u>		
$H1$ [kN]	1467,14	$H1$ [kN]	426,80	
$f$ [m]	4,9	$f$ [m]	4,9	
$M_{max}$ [kNm]	4944,2	$M_{max}$ [kNm]	1438,3	>My
$z_{momento\ massimo}$ [m]	5,8	$z_{momento\ massimo}$ [m]	5,8	
<u>Palo lungo</u>		<u>Palo lungo</u>		
$H2$ [kN]	194,22	$H2$ [kN]	139,55	
$f$ [m]	0,7	$f$ [m]	1,6	
$z_{cerniera}$ [m]	1,6	$z_{cerniera}$ [m]	2,5	
$H_{media}$ [kN]	194,22	$H_{min}$ [kN]	139,55	
$H_{tr,k\ media}$ [kN]	114,25	$H_{tr,k\ min}$ [kN]	82,09	

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
$H_{tr,d\ media}$ [kN]	114,25	71,40	87,88
$H_{tr,d\ min}$ [kN]	82,09	51,31	63,15
$H_{RES}$ [kN]	82,09	51,31	63,15
$H_{ES}$ [kN]	47,80	41,50	47,80
$H_{ES}/H_{RES}$	58,23%	80,89%	75,70%
	Verificato	Verificato	Verificato



#### 13.2.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

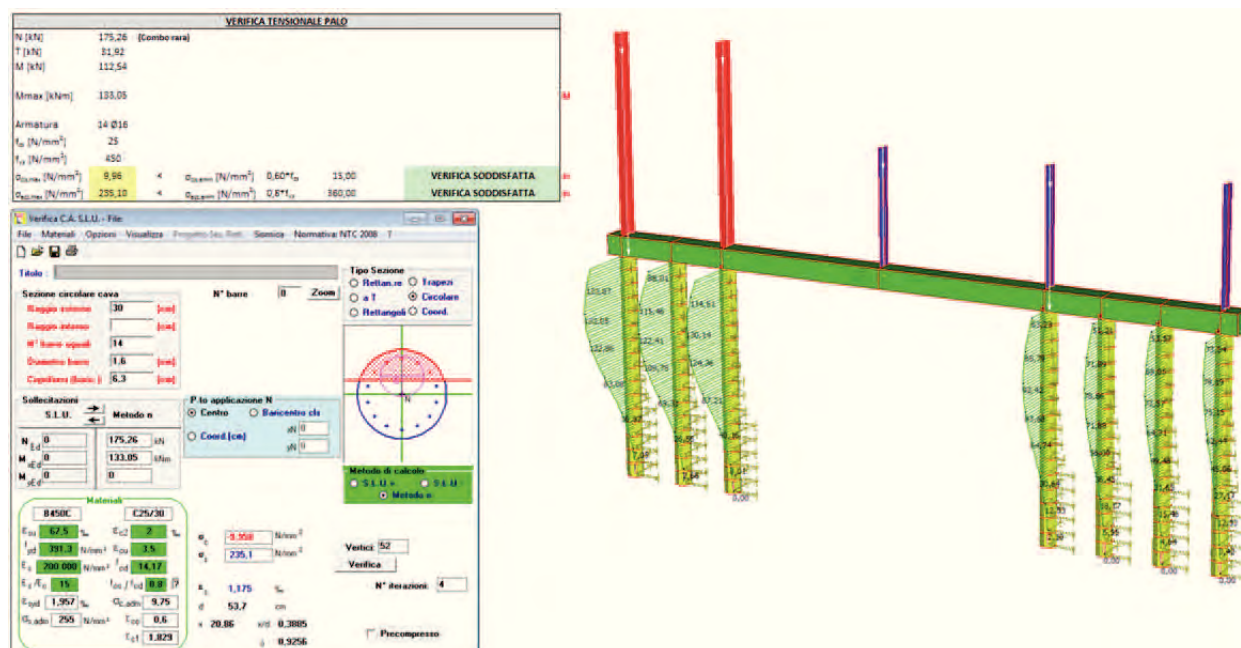
#### 13.2.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)



#### 13.2.4.2 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA		
N [kN]	233,54	(Combo str)
T [kN]	47,80	
M [kN]	168,80	
Lato equivalente [mm]	532	
Copriferro [mm]	63	
Armatura	14 Ø16	
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	2815	
Classe cls	C25/30	
$f_{ct,cls}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25	
k [-]	1,65	
$\rho_l$ [%]	1,13%	
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00	
$v_{min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37	
$V_{Rd}$ [kN]	150,57	
$T_{Ed}/V_{Rd}$	0,32	<1
VERIFICA SODDISFATTA		

#### 13.2.4.3 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



#### 13.2.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	235,10
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	32
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	63
Numero barre	$n_{\text{barre}}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{\text{barre}}$	[mm]	16
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{\text{baricentro}}$	[mm]	115
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{\text{netta}}$	[mm]	99

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato



### 13.2.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	14.00
Diametro palo	d	[m]	0.60
Modulo d'inerzia del palo	I	[m <sup>4</sup> ]	6.36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>cd</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

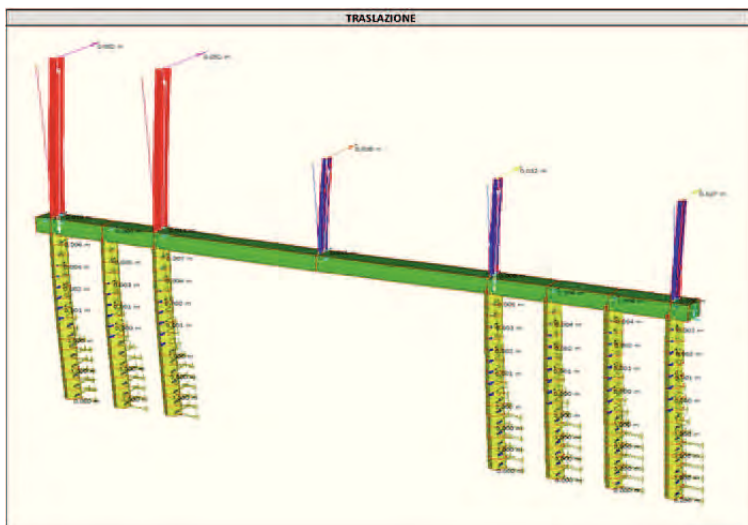
Approfondimento testa palo	z <sub>p</sub>	[m]	0.5
Altezza concio	Δz	[m]	0.5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub>	[m]	15.00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	—	—	Ri
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sub>medio</sub>	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	34
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[-]	3.690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p,α</sub>	[-]	1.364
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[-]	0.370

N° concio	Profondità base concio Da testa palo	Da piano campagna	Terreno	Modulo di reazione orizzontale medio	Fattore di rigidezza Granulare	Coesivo	Coefficiente riduttivo per Inclinazione della	Modulo elastico terreno Granulare	Coesivo	Rigidezza molle	Coefficiente di sottorondo
[-]	z <sub>base</sub> [m]	z <sub>0</sub> [m]		k <sub>h, medio</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	T [m]	B [1/m]	η [-]	E <sub>gran</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>coes</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]	K [kN/m <sup>2</sup> ]
1	0.50	1.00	Ri	6.000	2.02	—	0.370	2.218	—	1.331	399
2	1.00	1.50	Ri	6.000	2.02	—	0.370	3.327	—	1.996	599
3	1.50	2.00	Ri	6.000	2.02	—	0.370	4.435	—	2.661	798
4	2.00	2.50	Ri	6.000	2.02	—	0.370	5.544	—	3.327	998
5	2.50	3.00	Ri	6.000	2.02	—	0.370	6.653	—	3.992	1198
6	3.00	3.50	Ri	6.000	2.02	—	0.370	7.762	—	4.657	1397
7	3.50	4.00	Ri	6.000	2.02	—	0.370	8.871	—	5.323	1597
8	4.00	4.50	Ri	6.000	2.02	—	0.370	9.980	—	5.988	1796
9	4.50	5.00	Ri	6.000	2.02	—	0.370	11.089	—	6.653	1996
10	5.00	5.50	Ri	6.000	2.02	—	0.370	12.198	—	7.319	2196
11	5.50	6.00	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
12	6.00	6.50	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
13	6.50	7.00	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
14	7.00	7.50	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
15	7.50	8.00	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
16	8.00	8.50	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
17	8.50	9.00	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
18	9.00	9.50	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
19	9.50	10.00	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
20	10.00	10.50	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
21	10.50	11.00	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
22	11.00	11.50	Th:8.5 Coesivo	22.000	—	0.36	1.000	—	22.000	13.200	3960
23	11.50	12.00	Th:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
24	12.00	12.50	Th:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
25	12.50	13.00	Th:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
26	13.00	13.50	Th:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
27	13.50	14.00	Th:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
28	14.00	14.50	Th:11.0 Coesivo	40.000	—	0.42	1.000	—	40.000	24.000	7200
29	14.50	15.00									
30	15.00	15.50									
31	15.50	16.00									
32	16.00	16.50									
33	16.50	17.00									

rigidezza medio	2.02	0.38
Coefficiente medio	3703	

L/T	PL
6.94	5.29
L/T>3	PL>2



GEOMETRIA			
Altezza barriera	H <sub>bar</sub> [m]	4.00	7.00
Interasse longitudinale	L <sub>long</sub> [m]	6.00	4.00
Lunghezza sbarraccio	L <sub>sbarraccio</sub> [m]	0.00	0.00
Inclinazione sbarraccio	α <sub>sbarraccio</sub> [°]	0	0
Profilo montante	—	—	IPE 300 HE 360 B
Momento d'inerzia montante	I <sub>mont</sub> [mm <sup>4</sup> ]	8.36E+07	4.32E+08
Pressione del vento sul montante	p <sub>vento-mont</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	1.236	1.280
Pressione del vento sullo sbarraccio	p <sub>vento-sbarraccio</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.000	0.000
Altezza pilotto	H <sub>piloto</sub> [m]	0.70	0.70

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI H=4,00 m		
Spostamento totale testa montante E <sub>d</sub>	cm	3.80
Spostamento ammissibile C <sub>d</sub> = H/100	cm	4.00
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.01		

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI H=7,00 m		
Spostamento totale testa montante E <sub>d</sub>	cm	5.20
Spostamento ammissibile C <sub>d</sub> = H/100	cm	7.00
Verificato Ed < Cd - Ed/Cd = 0.01		



### 13.2.6 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

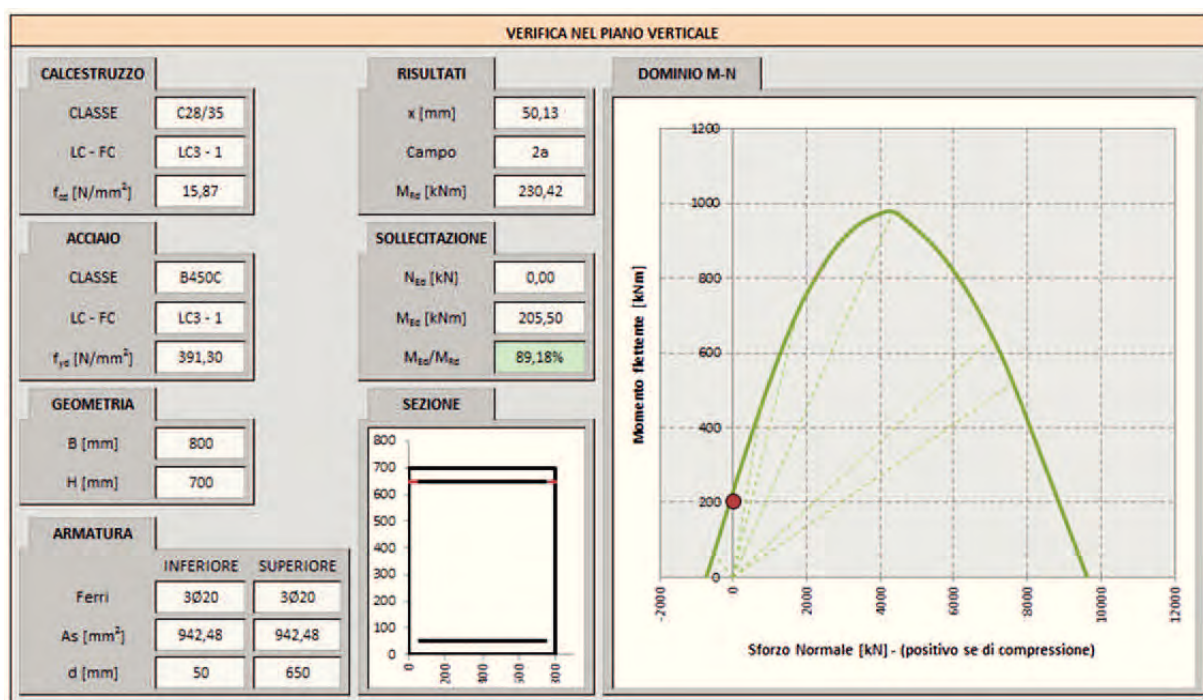
Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

Armatura inferiore per flessione verticale	3 Ø20
Armatura superiore per flessione verticale	3 Ø20
Armatura laterale per flessione orizzontale	2+2 Ø20
Armatura d'angolo per torsione	4 Ø20
Staffe	Ø12/20 cm
Totale armatura superiore	5 Ø20
Totale armatura inferiore	5 Ø20

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

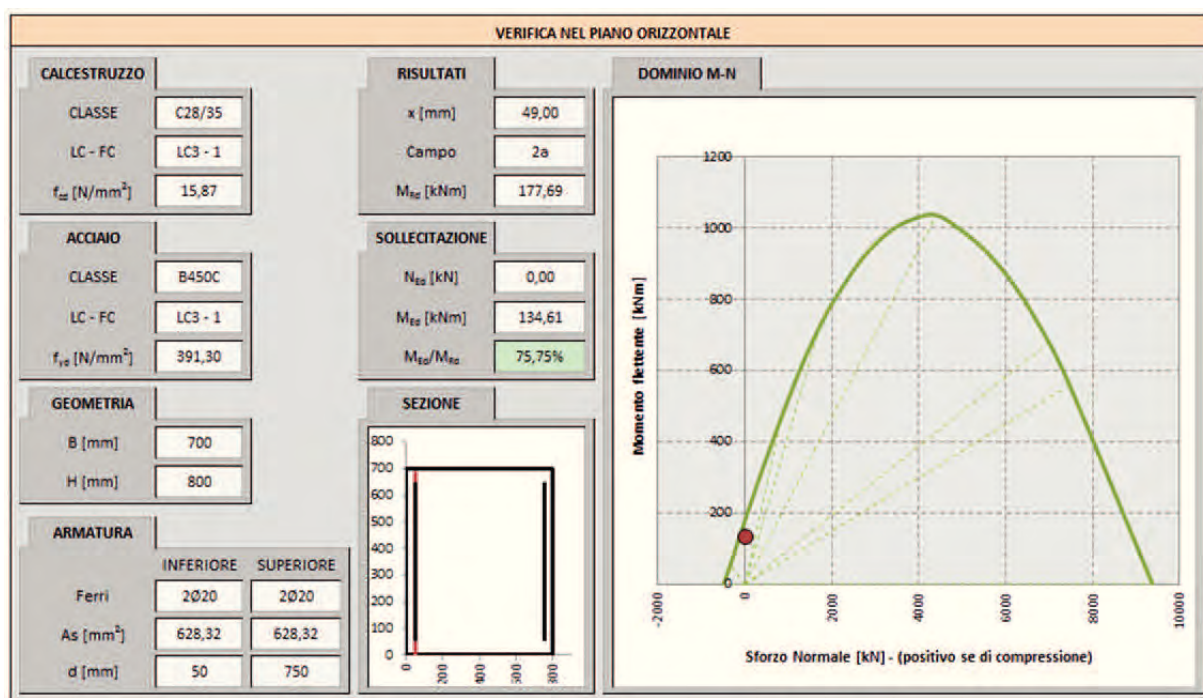
SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	0,00
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	134,61
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	205,50
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	32,36
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	113,09
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	136,44
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	117,63

## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	258,89
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	258,89
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	43,68%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,00
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	298,72
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1874,25
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	298,72
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	10,83%



Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	4	$\varnothing$	20
	As	[mm <sup>2</sup> ]	1256,64

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\varnothing$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	20

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	200
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,131
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	1257
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	0,56
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	278,67
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	137,41
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	137,41
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	99,29%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1856,40
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	35,60%

### 13.3 RIEPILOGO FONDAZIONI TRAVI DI SCAVALCO IN CALCESTRUZZO

Tabella 13.1 - Fondazioni delle travi di scavalco in calcestruzzo

Intervento elementare	Progr. Inizio	Progr. Fine	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza intervento [m]	Lunghezza intervento [m]	Altezza acustiche	Altezza strutturali	Tipo ST	Schema Tipo	Interasse montanti/interasse pali	Lunghezza pali	Armatura
1Na					4.00	4.50	5.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	12.00	14phi16
1Na					8.00	4.50	5.00	ST-07	su trave di scavalco in c.a.	4.00		
1Na					4.00	4.50	5.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	12.00	14phi16
3Nd					6.00	3.00	4.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	6.00/2.00	14.00	14phi16
3Nd					12.00	3.00	4.00	ST-07	su trave di scavalco in c.a.	6.00		
3Nc					4.00	6.00	7.00	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	14.00	14phi16

## 14. VERIFICHE DELLE TRAVI DI SCAVALCO IN ACCIAIO

### 14.1 INTERVENTO 1ND

#### 14.1.1 Azioni di verifica

INTERVENTO	1Nd
------------	-----

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	6,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 400

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	34
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	9,00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	10,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-
Altezza	H	[m]	0,70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\varnothing_{barre}$	[mm]	24
Armatura	$A_s$	[-]	14 $\varnothing 24$
Copriferro	c	[mm]	70
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	465,50



CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{\text{mont}}$	[kN/m]	0,663
Peso proprio pannelli	$p_{\text{pann}}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,50
Pressione del vento sul montante	$p_{\text{vento mont}}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,205
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{\text{vento sbraccio}}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{\text{urto}}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{\text{urto}}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0,812
Peso della struttura	$P$	[kN]	17,31
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{\text{cls}}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	4,31	13,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	31,33	14,06	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	101,82	91,36	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	25,10	21,21	17,31	17,31	0,00
T [kN]	47,00	40,73	31,33	14,06	0,00
M [kNm]	152,73	132,37	101,82	91,36	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{\text{comp}}$ [kN]	159,73	127,71	117,78		
$N_{\text{traz}}$ [kN]					
T [kN]	81,15	70,33	54,10		
M [kNm]	99,10	85,89	66,07		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{\text{MAX}}$ [kNm]	112,75	97,71	75,16		

### 14.1.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	10,50
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	9
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	74

Strati terreno							MEDIO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{medio}$ [°]	$C'_{media}$ [kPa]	$Cu_{media}$ [kPa]	Wterr [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	4,88	4,88
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	14,63	14,63
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	24,38	24,38
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	34,13	34,13
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	43,88	43,88
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	53,63	53,63
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	63,38	63,38
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	73,13	73,13
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	82,88	82,88
10	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	4,50	5,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	92,15	92,15
11	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5,00	5,50	0,50	17,6	0	0	55	2,49	100,95	100,95
12	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5,50	6,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	109,75	109,75
13	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,00	6,50	0,50	17,6	0	0	55	2,49	118,55	118,55
14	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,50	7,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	127,35	127,35
15	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,00	7,50	0,50	17,6	0	0	55	2,49	136,15	136,15
16	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,50	8,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	144,95	144,95
17	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,00	8,50	0,50	17,6	0	0	80	2,49	153,75	153,75
18	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,50	9,00	0,50	17,6	0	0	80	2,49	162,55	162,55
19	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,00	9,50	0,50	17,6	0	0	80	2,49	171,35	168,90
20	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,50	10,00	0,50	17,6	0	0	80	2,49	180,15	172,79
21	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	10,00	10,50	0,50	17,6	0	0	80	2,49	188,95	176,69
TOTALE				0,00	10,50	10,50	-	-	-	-	54,67	-	-

Strati terreno							MINIMO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{min}$ [°]	$C'_{min}$ [kPa]	$Cu_{min}$ [kPa]	Wterr [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19	34	0	0	2,69	4,75	4,75
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19	34	0	0	2,69	14,25	14,25
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19	34	0	0	2,69	23,75	23,75
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19	34	0	0	2,69	33,25	33,25
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19	34	0	0	2,69	42,75	42,75
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19	34	0	0	2,69	52,25	52,25
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19	34	0	0	2,69	61,75	61,75
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19	34	0	0	2,69	71,25	71,25
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19	34	0	0	2,69	80,75	80,75
10	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	4,50	5,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	89,80	89,80
11	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5,00	5,50	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	98,40	98,40
12	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5,50	6,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	107,00	107,00
13	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,00	6,50	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	115,60	115,60
14	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,50	7,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	124,20	124,20
15	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,00	7,50	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	132,80	132,80
16	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,50	8,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	141,40	141,40
17	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,00	8,50	0,50	17,2	0	0	40	2,43	150,00	150,00
18	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,50	9,00	0,50	17,2	0	0	40	2,43	158,60	158,60
19	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,00	9,50	0,50	17,2	0	0	40	2,43	167,20	164,75
20	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,50	10,00	0,50	17,2	0	0	40	2,43	175,80	168,44
21	A1>8.5 Coesivo	Coesivo	No	10,00	10,50	0,50	17,2	0	0	40	2,43	184,40	172,14
TOTALE				0,00	10,50	10,50	-	-	-	-	53,35	-	-

Strati terreno		COMPORTAMENTO GRANULARE DEL TERRENO						COMPORTAMENTO COESIVO DEL TERRENO						PORTANZA	
		MEDIO			MINIMO			MEDIO			MINIMO			MEDIO	MINIMO
n. strato	tipo terreno	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	Q <sub>li</sub> [kN]	Q <sub>li</sub> [kN]
1	Ri	0,5	1,71	1,61	0,5	1,60	1,51	-	-	-	-	-	-	1,61	1,51
2	Ri	0,5	5,12	4,83	0,5	4,81	4,53	-	-	-	-	-	-	4,83	4,53
3	Ri	0,5	8,53	8,04	0,5	8,01	7,55	-	-	-	-	-	-	8,04	7,55
4	Ri	0,5	11,95	11,26	0,5	11,21	10,57	-	-	-	-	-	-	11,26	10,57
5	Ri	0,5	15,36	14,48	0,5	14,42	13,59	-	-	-	-	-	-	14,48	13,59
6	Ri	0,5	18,77	17,69	0,5	17,62	16,61	-	-	-	-	-	-	17,69	16,61
7	Ri	0,5	22,19	20,91	0,5	20,83	19,63	-	-	-	-	-	-	20,91	19,63
8	Ri	0,5	25,60	24,13	0,5	24,03	22,65	-	-	-	-	-	-	24,13	22,65
9	Ri	0,5	29,01	27,35	0,5	27,23	25,67	-	-	-	-	-	-	27,35	25,67
10	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
11	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
12	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
13	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
14	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
15	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
16	A1<8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
17	A1>=8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
18	A1>=8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
19	A1>=8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
20	A1>=8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
21	A1>=8.5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
TOTALE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	498,80	371,06

#### SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>F</sub>		(A2)
Permanenti	γ <sub>G1</sub>	1,00
Permanenti non strutturali	γ <sub>G2</sub>	1,30
Variabili	γ <sub>Q</sub>	1,30

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>M</sub>		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	γ <sub>φ'</sub>	1,00
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1,00
Coesione non drenata	γ <sub>c<sub>u</sub></sub>	1,00
Peso dell'unità di volume	γ <sub>y</sub>	1,00

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>R</sub>		(R2)
Base	γ <sub>b</sub>	1,70
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1,45
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	1,60

FATTORI DI CORRELAZIONE ξ		
Numero verticali esplorate	n° vert	1
Fattore medio	ξ <sub>3</sub>	1,70
Fattore minimo	ξ <sub>4</sub>	1,70



### PORTANZA TOTALE

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{Rm\ lat} [kN]$	498,80	371,06
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{Rk\ lat} [kN]$	293,41	218,27
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	202,35	150,53
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	183,38	136,42

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{R,d\ tot\ comp} [kN]$	202,35	150,53
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{R,d\ tot\ traz} [kN]$	183,38	136,42

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} [kN]$	150,53
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} [kN]$	136,42

Considero il peso del palo in compressione	Si - Netto
Considero il peso totale del palo in trazione	No

AZIONI DI PROGETTO		VENTO
Carico di compressione testa palo	$N_{comp\ Ed} [kN]$	127,71
Carico di trazione testa palo	$N_{traz\ Ed} [kN]$	0,00
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ medio\ Ed} [kN]$	19,55
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ min\ Ed} [kN]$	20,87
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	74,22

VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO
Portanza di progetto	$R_{c,d} [kN]$	150,53
Azione di progetto	$E_{c,d} [kN]$	148,58
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	98,70%
		Verificato

### 14.1.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	Ri		
Falda:	NO		
<b>Caratteristiche medie del terreno</b>		<b>Caratteristiche minime del terreno</b>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	34	$\alpha_{\text{terreno}}$	34
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	10,50	L [m]	10,50
L'=e+L [m]	10,50	L'=e+L [m]	10,50
$\phi_{\text{medio}} [^\circ]$	35	$\phi_{\text{min}} [^\circ]$	34
kp	1,36	kp	1,00
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19
<b>Palo corto</b>		<b>Palo corto</b>	
H1 [kN]	879,7	H1 [kN]	628,4
f [m]	6,1	f [m]	6,1
Mmax [kNm]	3553,2	Mmax [kNm]	2538,2
	>My		>My
<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>	
H2 [kN]	226,92	H2 [kN]	202,85
f(H)	0,0	f(H)	0,0
H <sub>media</sub> [kN]	226,92	H <sub>min</sub> [kN]	202,85
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	133,48	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	119,33

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	133,48	83,43	102,68
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	119,33	74,58	91,79
H <sub>RES</sub> [kN]	119,33	74,58	91,79
H <sub>ES</sub> [kN]	81,15	70,33	81,15
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	68,01%	94,30%	88,41%
	Verificato	Verificato	Verificato

Comportamento non drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:		A1<8.5 Coesivo	
<b>Caratteristiche medie del terreno</b>		<b>Caratteristiche minime del terreno</b>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu <sub>media</sub> [kPa]	55	Cu <sub>min</sub> [kPa]	16,5
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	10,50	L [m]	10,50
L'=e+L [m]	10,50	L'=e+L [m]	10,50
<b>Palo corto</b>		<b>Palo corto</b>	
H1 [kN]	1040,60	H1 [kN]	312,18
f [m]	3,5	f [m]	3,5
Mmax [kNm]	2759,5	Mmax [kNm]	827,9
Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,4	Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,4
<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>	
H2 [kN]	322,58	H2 [kN]	218,78
f [m]	1,1	f [m]	2,5
Z <sub>cerniera</sub> [m]	2,0	Z <sub>cerniera</sub> [m]	3,4
H <sub>media</sub> [kN]	322,58	H <sub>min</sub> [kN]	218,78
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	189,75	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	128,69

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	189,75	118,59	145,96
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	128,69	80,43	99,00
H <sub>RES</sub> [kN]	128,69	80,43	99,00
H <sub>ES</sub> [kN]	81,15	70,33	81,15
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	63,06%	87,44%	81,97%
	Verificato	Verificato	Verificato



## 14.1.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

### 14.1.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)

VERIFICA STRUTTURALE PALO		
N [kN]	159,73	(Combo str)
T [kN]	81,15	
M [kNm]	99,10	
Mmax [kNm]	112,75	
Armatura	14Ø24	
M <sub>ed</sub> [kNm]	465,50	
M <sub>ed</sub> /M <sub>res</sub>	0,24	<1 VERIFICA SODDISFATTA

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

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

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

Sezione circolare cava

raggio esterno: 30 [cm]  
raggio interno: \_\_\_\_\_ [cm]  
N° barre uguali: 14  
Diametro barre: 2,4 [cm]  
Copertura [barre]: 7 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione  
☐ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
☐ Centro ☐ Baccentro 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 ☐ Devia

Vertici: 52 N° rett: 100  
Calcola MEd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

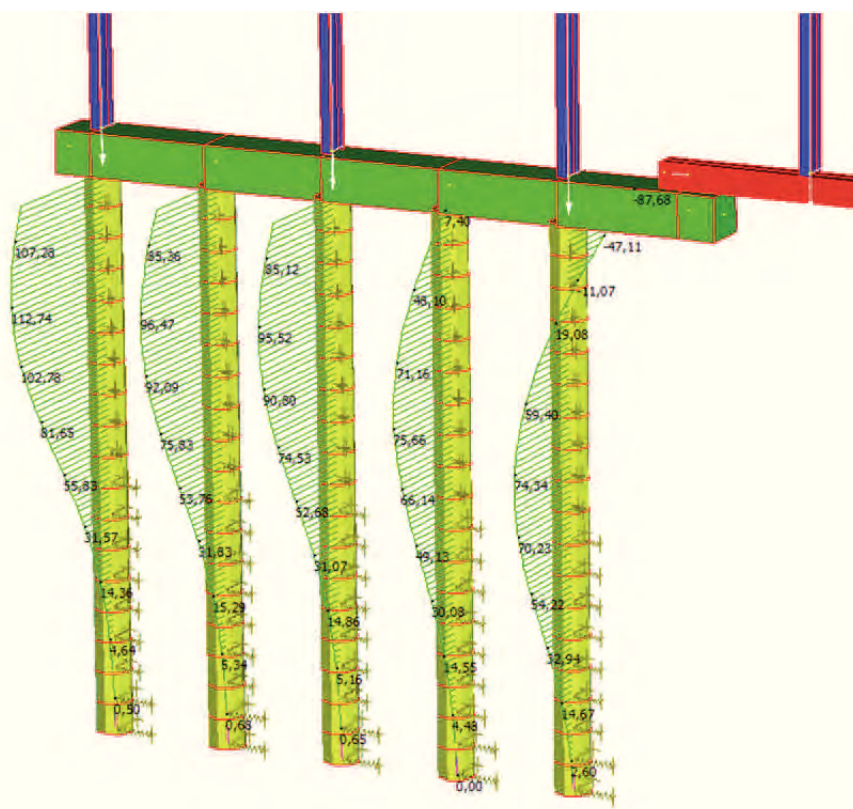
Precompressa

Materiali

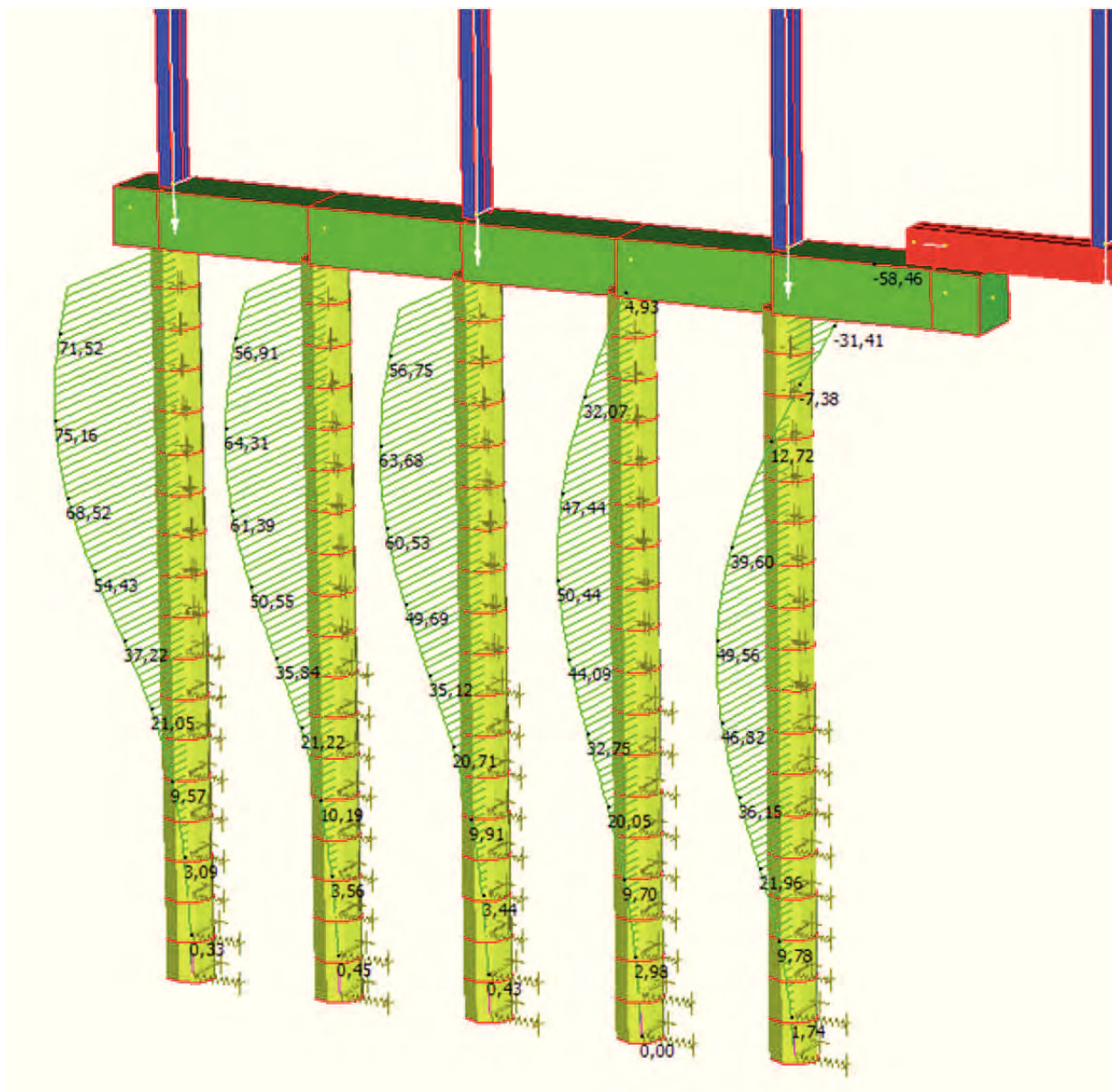
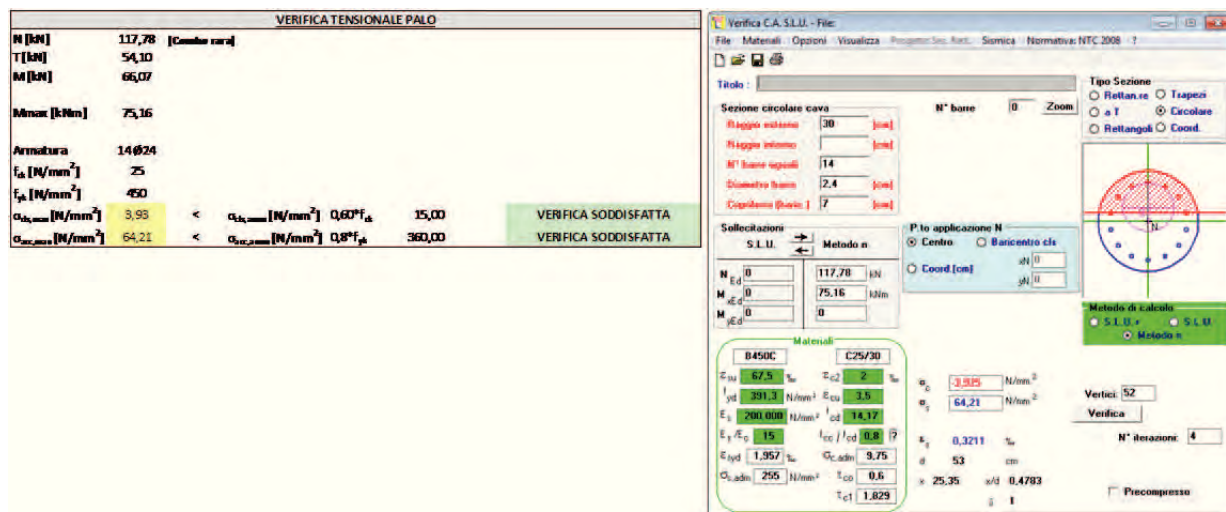
B450C C25/30

$\epsilon_{cu}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  14,17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ‰  
 $\sigma_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9,75 ‰  
 $\sigma_{c,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0,6 ‰  
 $\tau_{c1}$  1,829 ‰

$\sigma_c$  -14,17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  6,236 ‰  
d 53 cm  
x 19,05 x/d 0,3595  
 $\xi$  0,8894



#### 14.1.4.2 Verifica delle tensioni (SLE-STR)





14.1.4.3 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA			
N [kN]	159,73	(Combo str)	
T [kN]	81,15		
M [kN]	99,10		
Lato equivalente [mm]	532		
Copriferro [mm]	70		
Armatura	14 Ø24		
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	6333		
Classe cls	C25/30		
$f_{ck}$ cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
k [-]	1,66		
$\rho_l$ [%]	2,58%		
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00		
$v_{min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37		
$V_{Rd}$ [kN]	195,91		
$T_{Ed}/V_{Rd}$	0,41	<1	VERIFICA SODDISFATTA

14.1.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	200,40
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	32
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300
Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	20
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	91
Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato





#### 14.1.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	10,50
Diametro palo	d	[m]	0,60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6,36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

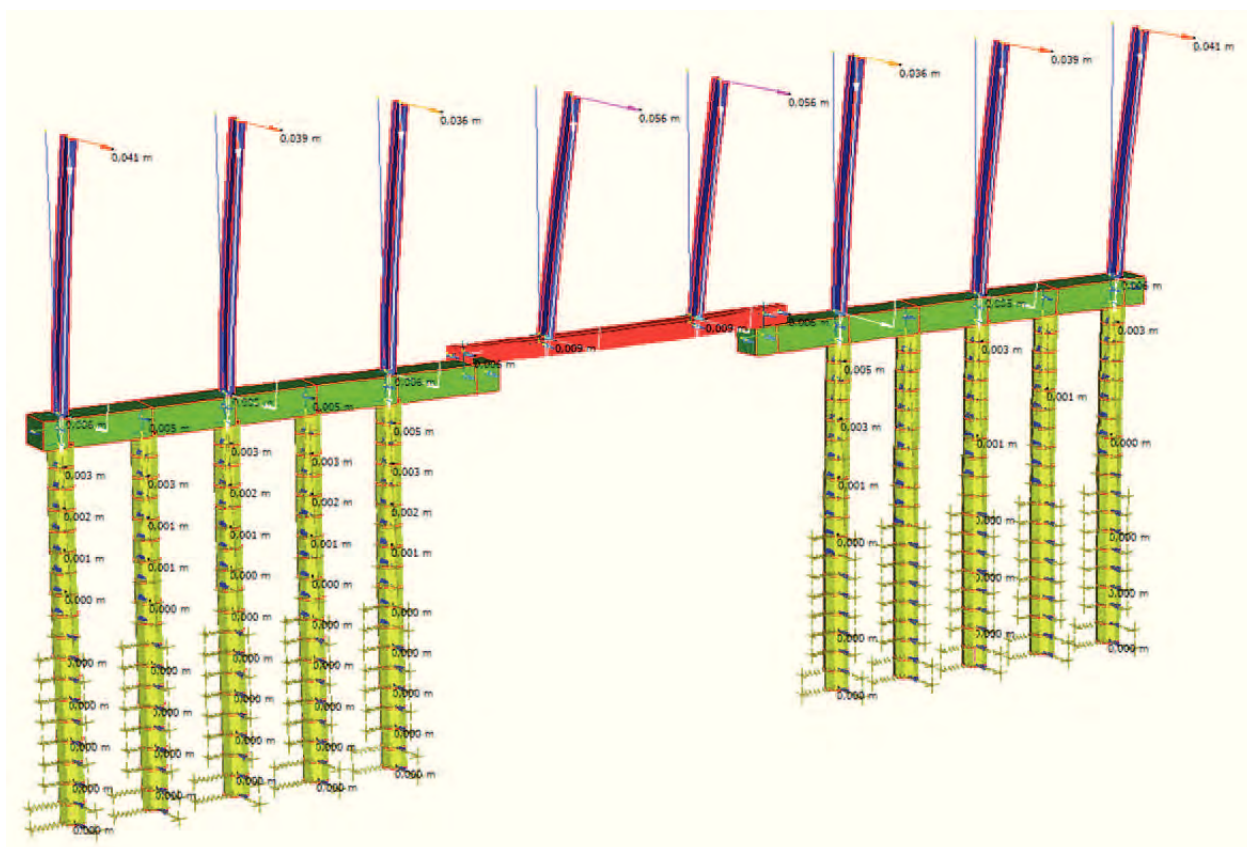
Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0,5
Altezza concio	Δz	[m]	0,5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub>	[m]	9,00

Strato inclinato più superficiale della scarpata	-	-	Ri
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sub>medio</sub>	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	34
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[-]	3,690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p_α</sub>	[-]	1,364
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[-]	0,370

N° concio	Profondità base concio		Terreno	Comportamento	Coesione non drenata media	Modulo di reazione orizzontale medio	Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della scarpata	Modulo elastico terreno		Rigidità molle
	Da testa palo	Da piano campagna						Granulare	Coesivo	
[-]	z <sub>palo</sub> [m]	z <sub>ri</sub> [m]	-	-	Cu <sub>media</sub> [kPa]	K <sub>h medio</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	η [-]	E <sub>gran</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>coes</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]
1	0,50	1,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	2'218	-	1'331
2	1,00	1,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	3'327	-	1'996
3	1,50	2,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	4'435	-	2'661
4	2,00	2,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	5'544	-	3'327
5	2,50	3,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	6'653	-	3'992
6	3,00	3,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	7'762	-	4'657
7	3,50	4,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	8'871	-	5'323
8	4,00	4,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	9'980	-	5'988
9	4,50	5,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	11'089	-	6'653
10	5,00	5,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
11	5,50	6,00	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
12	6,00	6,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
13	6,50	7,00	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
14	7,00	7,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
15	7,50	8,00	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
16	8,00	8,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
17	8,50	9,00	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
18	9,00	9,50	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
19	9,50	10,00	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
20	10,00	10,50	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
21	10,50	11,00	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200

GEOMETRIA			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	6,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 400
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	2,31E+08
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,205
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,000
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	0,70

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	<b>5,60</b>
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	<b>6,50</b>
Verificato $E_d < C_d$ - $E_d/C_d = 0,86$		





#### 14.1.6 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

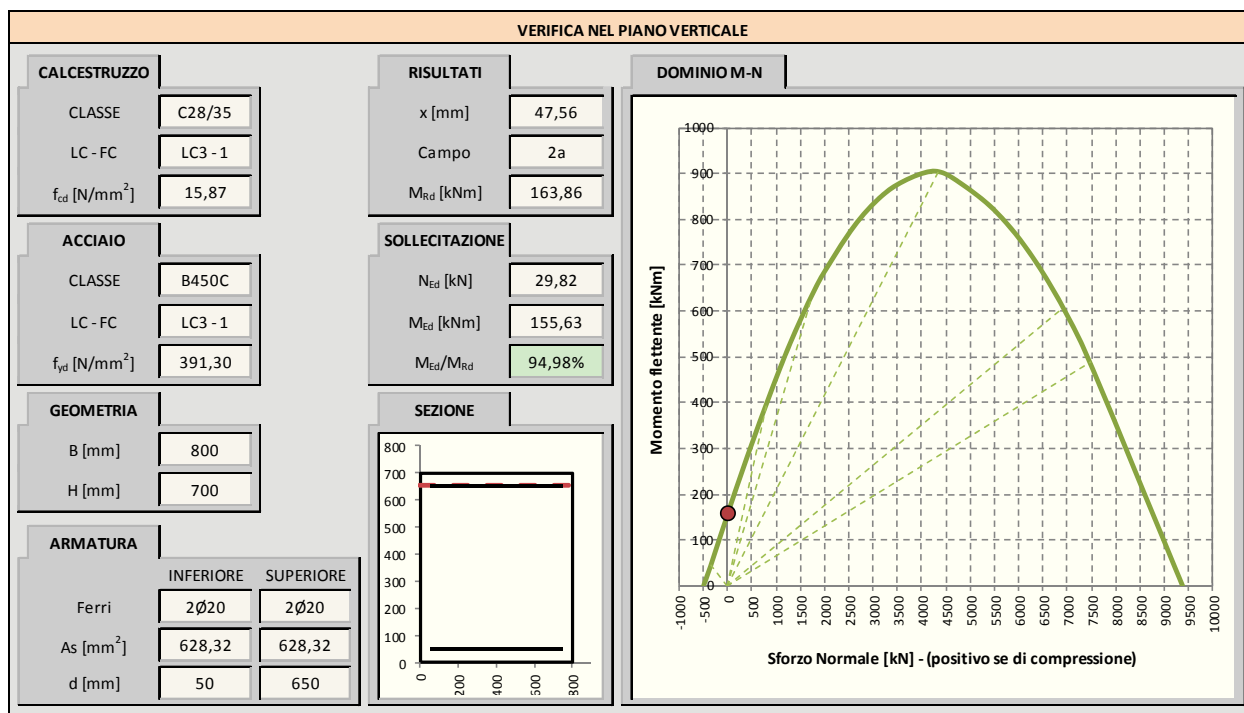
Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø20
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø20
Armatura laterale per flessione orizzontale	2+2 Ø20
Armatura d'angolo per torsione	12 Ø20
Staffe	Ø12/12.5 cm
Totale armatura superiore	6 Ø20
Totale armatura inferiore	6 Ø20

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

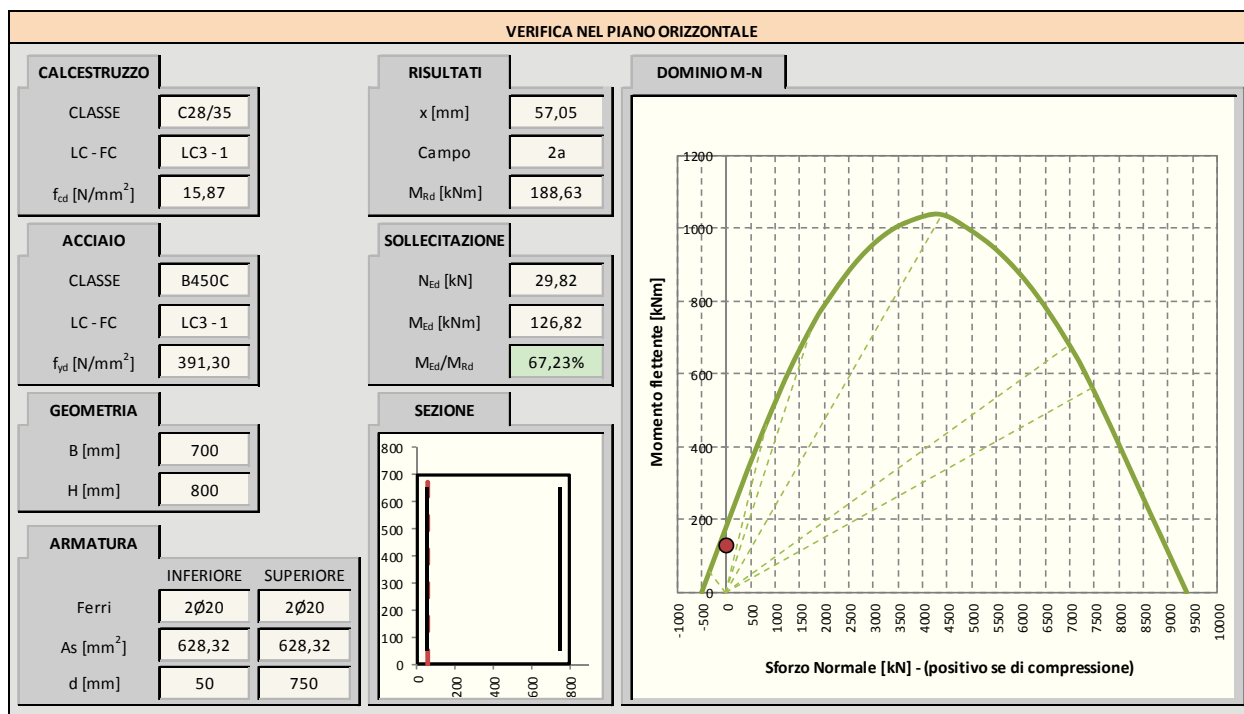
SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	29,82
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	126,82
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	155,63
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	43,80
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	86,68
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	403,39
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	97,12

## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,05
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	414,23
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1862,63
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	414,23
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	20,93%

## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,05
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	477,96
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1880,54
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	477,96
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	9,16%



Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	12	Ø	20
	As	[mm <sup>2</sup> ]	3769,91

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	Ø	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	12,5

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	125
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,810
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	3770
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	1,67
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	445,87
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	412,24
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	412,24
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	97,85%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1862,63
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	91,73%

N.B.: le staffe vengono disposte con il passo indicato di 12.5cm solo nel tratto a sbalzo del cordolo. Nel tratto restante le staffe vengono poste con passo 25cm. Non si riportano per brevità le verifiche di questo tratto sebbene siano stati svolti tutti i calcoli e tale variazione risulti verificata.

## 14.2 INTERVENTO 2SA

### 14.2.1 Azioni di verifica

<b>INTERVENTO</b>	<b>2Sa</b>
-------------------	------------

GEOMETRIA MONTANTE			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	5,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 360

GEOMETRIA TERRENO			
Inclinazione scarpata	$\alpha$	[°]	34
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	10,00
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0

GEOMETRIA PALO			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	10,00
Tipologia palo	-	-	Trivellato

GEOMETRIA PLINTO			
Base (dir. trasversale)	B	[m]	0,80
Larghezza (dir. longitudinale)	L	[m]	-
Altezza	H	[m]	0,70

ARMATURA PALO			
Numero barre longitudinali	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre longitudinali	$\varnothing_{barre}$	[mm]	24
Armatura	As	[-]	14 Ø24
Copriferro	c	[mm]	70
Momento resistente	$M_y$	[kNm]	465,50

CARICHI			
Peso proprio montante	$p_{mont}$	[kN/m]	0,571
Peso proprio pannelli	$p_{pann}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,50
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,205
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Forza da urto	$F_{urto}$	[kN]	
Altezza applicazione urto	$h_{urto}$	[m]	
Accelerazione sismica di progetto	$S_d(T_1)$	[g]	0,812
Peso della struttura	$P$	[kN]	14,14
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81

SOLLECITAZIONI BASE MONTANTE					
	Montanti	Pannelli	Vento	Sisma	Urto
N [kN]	3,14	11,00	0,00	0,00	0,00
T [kN]	0,00	0,00	26,51	11,48	0,00
M [kNm]	0,00	0,00	72,90	63,15	0,00

COMBINAZIONI BASE MONTANTE					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
N [kN]	20,58	17,44	14,14	14,14	0,00
T [kN]	39,77	34,46	26,51	11,48	0,00
M [kNm]	109,35	94,77	72,90	63,15	0,00

COMBINAZIONI TESTA PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$N_{comp}$ [kN]	147,83	117,73	109,49		
$N_{traz}$ [kN]					
T [kN]	81,97	71,04	54,65		
M [kNm]	105,60	91,52	70,40		

MOMENTO MASSIMO FUSTO PALO					
	STR	GEO	SLE-Rara	SISMA	URTO
$M_{MAX}$ [kNm]	105,60	91,52	70,40		



## 14.2.2 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi assiali (SLU-GEO)

GEOMETRIA			
Diametro palo	D	[m]	0,60
Lunghezza palo	L	[m]	10,00
Tipologia palo	-	-	Trivellato
Sovraccarico al piano campagna	$\Delta\sigma_{sov}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0
Profondità falda da testa palo	$z_w$	[m]	10
Peso specifico acqua	$\gamma_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,81
Peso specifico calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25
Peso del palo (valore caratteristico)	$W_{palo}$	[kN]	71

Strati terreno							MEDIO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{medio}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{medio}$ [°]	$C'_{media}$ [kPa]	$Cu_{media}$ [kPa]	Wterr [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	4,88	4,88
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	14,63	14,63
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	24,38	24,38
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	34,13	34,13
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	43,88	43,88
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	53,63	53,63
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	63,38	63,38
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	73,13	73,13
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	82,88	82,88
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19,5	35	0	0	2,76	92,63	92,63
11	Ri	Granulare	No	5,00	5,50	0,50	19,5	35	0	0	2,76	102,38	102,38
12	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5,50	6,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	111,65	111,65
13	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,00	6,50	0,50	17,6	0	0	55	2,49	120,45	120,45
14	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,50	7,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	129,25	129,25
15	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,00	7,50	0,50	17,6	0	0	55	2,49	138,05	138,05
16	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,50	8,00	0,50	17,6	0	0	55	2,49	146,85	146,85
17	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,00	8,50	0,50	17,6	0	0	55	2,49	155,65	155,65
18	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,50	9,00	0,50	17,6	0	0	80	2,49	164,45	164,45
19	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,00	9,50	0,50	17,6	0	0	80	2,49	173,25	173,25
20	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,50	10,00	0,50	17,6	0	0	80	2,49	182,05	182,05
TOTALE				0,00	10,00	10,00	-	-	-	-	52,72	-	-

Strati terreno							MINIMO						
n. strato	tipo terreno	Comportamento	Liquefacibile	zi [m]	zf [m]	$\Delta z$ [m]	$\gamma_{min}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi_{min}$ [°]	$C'_{min}$ [kPa]	$Cu_{min}$ [kPa]	Wterr [kN]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Ri	Granulare	No	0,00	0,50	0,50	19	34	0	0	2,69	4,75	4,75
2	Ri	Granulare	No	0,50	1,00	0,50	19	34	0	0	2,69	14,25	14,25
3	Ri	Granulare	No	1,00	1,50	0,50	19	34	0	0	2,69	23,75	23,75
4	Ri	Granulare	No	1,50	2,00	0,50	19	34	0	0	2,69	33,25	33,25
5	Ri	Granulare	No	2,00	2,50	0,50	19	34	0	0	2,69	42,75	42,75
6	Ri	Granulare	No	2,50	3,00	0,50	19	34	0	0	2,69	52,25	52,25
7	Ri	Granulare	No	3,00	3,50	0,50	19	34	0	0	2,69	61,75	61,75
8	Ri	Granulare	No	3,50	4,00	0,50	19	34	0	0	2,69	71,25	71,25
9	Ri	Granulare	No	4,00	4,50	0,50	19	34	0	0	2,69	80,75	80,75
10	Ri	Granulare	No	4,50	5,00	0,50	19	34	0	0	2,69	90,25	90,25
11	Ri	Granulare	No	5,00	5,50	0,50	19	34	0	0	2,69	99,75	99,75
12	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	5,50	6,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	108,80	108,80
13	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,00	6,50	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	117,40	117,40
14	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	6,50	7,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	126,00	126,00
15	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,00	7,50	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	134,60	134,60
16	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	7,50	8,00	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	143,20	143,20
17	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,00	8,50	0,50	17,2	0	0	16,5	2,43	151,80	151,80
18	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	No	8,50	9,00	0,50	17,2	0	0	40	2,43	160,40	160,40
19	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,00	9,50	0,50	17,2	0	0	40	2,43	169,00	169,00
20	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	No	9,50	10,00	0,50	17,2	0	0	40	2,43	177,60	177,60
TOTALE				0,00	10,00	10,00	-	-	-	-	51,43	-	-

Strati terreno		COMPORTAMENTO GRANULARE DEL TERRENO						COMPORTAMENTO COESIVO DEL TERRENO						PORTANZA	
		MEDIO			MINIMO			MEDIO			MINIMO			MEDIO	MINIMO
n. strato	tipo terreno	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	k compr.	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	α AGI	qs [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>li</sub> [kN]	Q <sub>li</sub> [kN]	Q <sub>li</sub> [kN]
1	Ri	0,5	1,71	1,61	0,5	1,60	1,51	-	-	-	-	-	-	1,61	1,51
2	Ri	0,5	5,12	4,83	0,5	4,81	4,53	-	-	-	-	-	-	4,83	4,53
3	Ri	0,5	8,53	8,04	0,5	8,01	7,55	-	-	-	-	-	-	8,04	7,55
4	Ri	0,5	11,95	11,26	0,5	11,21	10,57	-	-	-	-	-	-	11,26	10,57
5	Ri	0,5	15,36	14,48	0,5	14,42	13,59	-	-	-	-	-	-	14,48	13,59
6	Ri	0,5	18,77	17,69	0,5	17,62	16,61	-	-	-	-	-	-	17,69	16,61
7	Ri	0,5	22,19	20,91	0,5	20,83	19,63	-	-	-	-	-	-	20,91	19,63
8	Ri	0,5	25,60	24,13	0,5	24,03	22,65	-	-	-	-	-	-	24,13	22,65
9	Ri	0,5	29,01	27,35	0,5	27,23	25,67	-	-	-	-	-	-	27,35	25,67
10	Ri	0,5	32,43	30,56	0,5	30,44	28,69	-	-	-	-	-	-	30,56	28,69
11	Ri	0,5	35,84	33,78	0,5	33,64	31,71	-	-	-	-	-	-	33,78	31,71
12	A1<8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
13	A1<8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
14	A1<8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
15	A1<8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
16	A1<8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
17	A1<8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,6	33,00	31,10	0,9	14,85	14,00	31,10	14,00
18	A1>=8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
19	A1>=8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
20	A1>=8,5 Coesivo	0,5	-	-	0,5	-	-	0,4	32,00	30,16	0,8	32,00	30,16	30,16	30,16
TOTALE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	471,73	357,14

#### SCELTE PROGETTUALI

Approccio 1 - Combinazione 1 (STR)	A1+M1+R1	<input type="radio"/>
Approccio 1 - Combinazione 2 (GEO)	A2+M1+R2	<input checked="" type="radio"/>
Approccio 2	A1+M1+R3	<input type="radio"/>

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>F</sub>		(A2)
Permanenti	γ <sub>G1</sub>	1,00
Permanenti non strutturali	γ <sub>G2</sub>	1,30
Variabili	γ <sub>Q</sub>	1,30

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>M</sub>		(M1)
Tangente dell'angolo d'attrito	γ <sub>φ'</sub>	1,00
Coesione efficace	γ <sub>c'</sub>	1,00
Coesione non drenata	γ <sub>cu</sub>	1,00
Peso dell'unità di volume	γ <sub>y</sub>	1,00

COEFFICIENTI PARZIALI γ <sub>R</sub>		(R2)
Base	γ <sub>b</sub>	1,70
Laterale in compressione	γ <sub>s</sub>	1,45
Laterale in trazione	γ <sub>st</sub>	1,60

FATTORI DI CORRELAZIONE ξ		
Numero verticali esplorate	n° vert	1
Fattore medio	ξ <sub>3</sub>	1,70
Fattore minimo	ξ <sub>4</sub>	1,70

### PORTANZA TOTALE

Considero la portanza di base in compressione	No
Considero le condizioni sismiche (possibile liquefazione)	No

PORTANZA LATERALE		MEDIO	MINIMO
Valore di calcolo portata laterale	$Q_{Rm\ lat} [kN]$	471,73	357,14
Valore caratteristico portata laterale	$Q_{Rk\ lat} [kN]$	277,49	210,08
Valore di progetto a compressione	$Q_{Rd\ comp} [kN]$	191,37	144,88
Valore di progetto a trazione	$Q_{Rd\ traz} [kN]$	173,43	131,30

PORTANZA TOTALE		MEDIO	MINIMO
Valore di progetto a compressione totale	$Q_{R,d\ tot\ comp} [kN]$	191,37	144,88
Valore di progetto a trazione totale	$Q_{R,d\ tot\ traz} [kN]$	173,43	131,30

PORTANZA DI PROGETTO		
Portanza di progetto a compressione	$R_{c,d} [kN]$	144,88
Portanza di progetto a trazione	$R_{t,d} [kN]$	131,30

Considero il peso del palo in compressione	Si - Netto
Considero il peso totale del palo in trazione	No

AZIONI DI PROGETTO		VENTO
Carico di compressione testa palo	$N_{comp\ Ed} [kN]$	117,73
Carico di trazione testa palo	$N_{traz\ Ed} [kN]$	0,00
Valore medio di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ medio\ Ed} [kN]$	17,97
Valore minimo di progetto peso netto del palo	$W_{netto\ min\ Ed} [kN]$	19,25
Valore di progetto peso totale del palo	$W_{palo\ Ed} [kN]$	70,69

VERIFICA DI PORTANZA IN COMPRESSIONE		VENTO
Portanza di progetto	$R_{c,d} [kN]$	144,88
Azione di progetto	$E_{c,d} [kN]$	136,98
Verifica	$E_{c,d}/R_{c,d}$	94,55%
		Verificato



### 14.2.3 Verifica geotecnica di resistenza ai carichi trasversali (SLU-GEO)

Comportamento drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI GRANULARI			
Terreno:	Ri		
Falda:	NO		
<b>Caratteristiche medie del terreno</b>		<b>Caratteristiche minime del terreno</b>	
$\alpha_{\text{terreno}}$	34	$\alpha_{\text{terreno}}$	34
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	10,00	L [m]	10,00
L'=e+L [m]	10,00	L'=e+L [m]	10,00
$\phi_{\text{medio}} [^{\circ}]$	35	$\phi_{\text{min}} [^{\circ}]$	34
kp	1,36	kp	1,00
$\gamma_{\text{medio}} [\text{kN/m}^3]$	19,5	$\gamma_{\text{min}} [\text{kN/m}^3]$	19
<b>Palo corto</b>		<b>Palo corto</b>	
H1 [kN]	797,9	H1 [kN]	570,0
f [m]	5,8	f [m]	5,8
Mmax [kNm]	3069,3	Mmax [kNm]	2192,6
	>My		>My
<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>	
H2 [kN]	226,92	H2 [kN]	202,85
f(H)	0,0	f(H)	0,0
H <sub>media</sub> [kN]	226,92	H <sub>min</sub> [kN]	202,85
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	133,48	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	119,33

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	133,48	83,43	102,68
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	119,33	74,58	91,79
H <sub>RES</sub> [kN]	119,33	74,58	91,79
H <sub>ES</sub> [kN]	81,97	71,04	81,97
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	68,69%	95,26%	89,30%
	Verificato	Verificato	Verificato

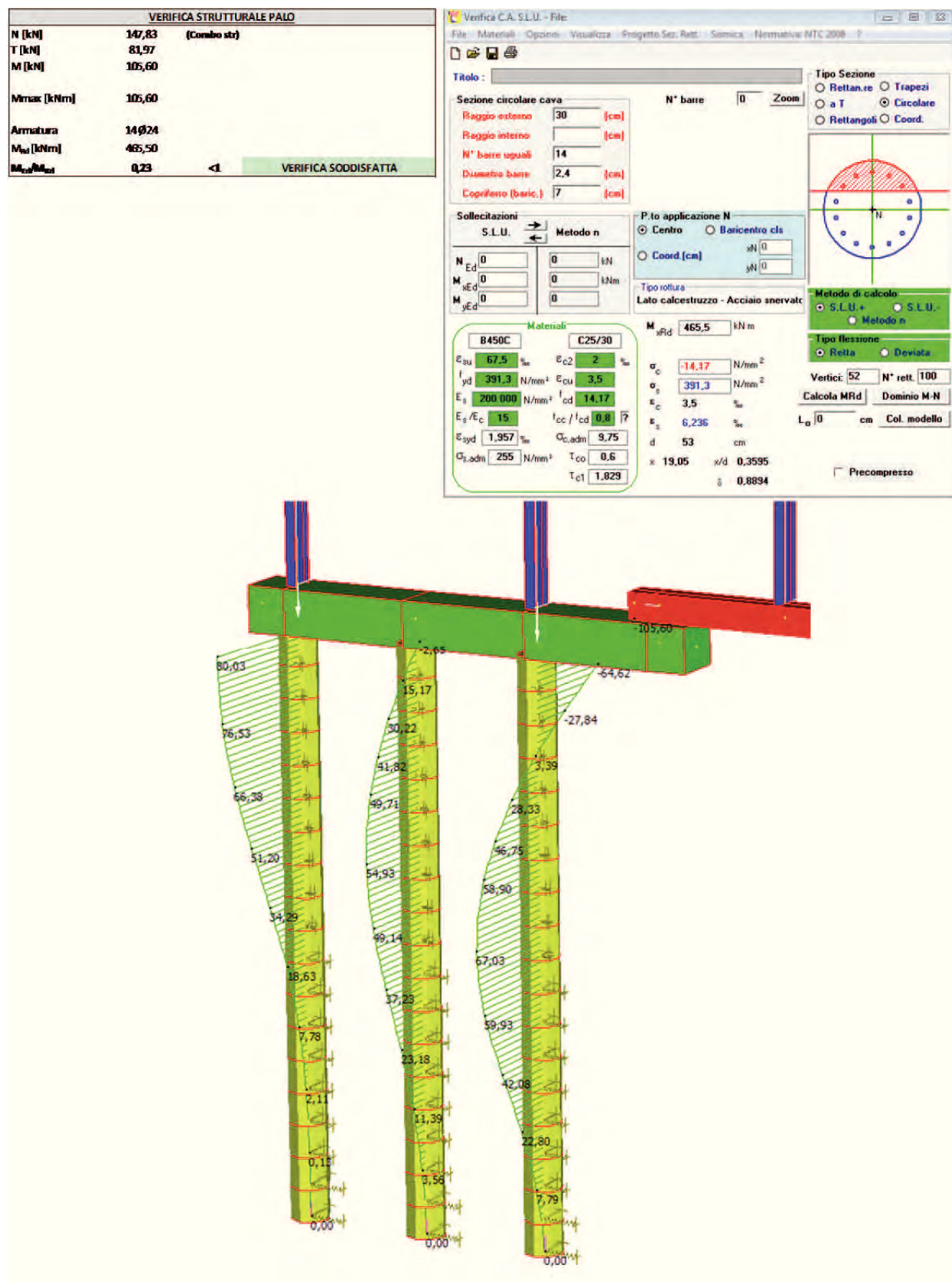
Comportamento non drenato:

VERIFICA BROMS TERRENI COESIVI			
Terreno:		A1<8.5 Coesivo	
<b>Caratteristiche medie del terreno</b>		<b>Caratteristiche minime del terreno</b>	
Parametri del terreno		Parametri del terreno	
Cu <sub>media</sub> [kPa]	55	Cu <sub>min</sub> [kPa]	16,5
e [m]	0	e [m]	0
L [m]	10,00	L [m]	10,00
L'=e+L [m]	10,00	L'=e+L [m]	10,00
<b>Palo corto</b>		<b>Palo corto</b>	
H1 [kN]	979,89	H1 [kN]	293,97
f [m]	3,3	f [m]	3,3
Mmax [kNm]	2498,4	Mmax [kNm]	749,5
Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,2	Z <sub>momento massimo</sub> [m]	4,2
<b>Palo lungo</b>		<b>Palo lungo</b>	
H2 [kN]	322,58	H2 [kN]	218,78
f [m]	1,1	f [m]	2,5
Z <sub>cerniera</sub> [m]	2,0	Z <sub>cerniera</sub> [m]	3,4
H <sub>media</sub> [kN]	322,58	H <sub>min</sub> [kN]	218,78
H <sub>tr,k media</sub> [kN]	189,75	H <sub>tr,k min</sub> [kN]	128,69

VENTO	Approccio 1		Approccio 2
	Combo 1: A1+M1+R1	Combo 2: A2+M1+R2	A1+M1+R3
H <sub>tr,d media</sub> [kN]	189,75	118,59	145,96
H <sub>tr,d min</sub> [kN]	128,69	80,43	99,00
H <sub>RES</sub> [kN]	128,69	80,43	99,00
H <sub>ES</sub> [kN]	81,97	71,04	81,97
H <sub>ES</sub> /H <sub>RES</sub>	63,69%	88,32%	82,80%
	Verificato	Verificato	Verificato

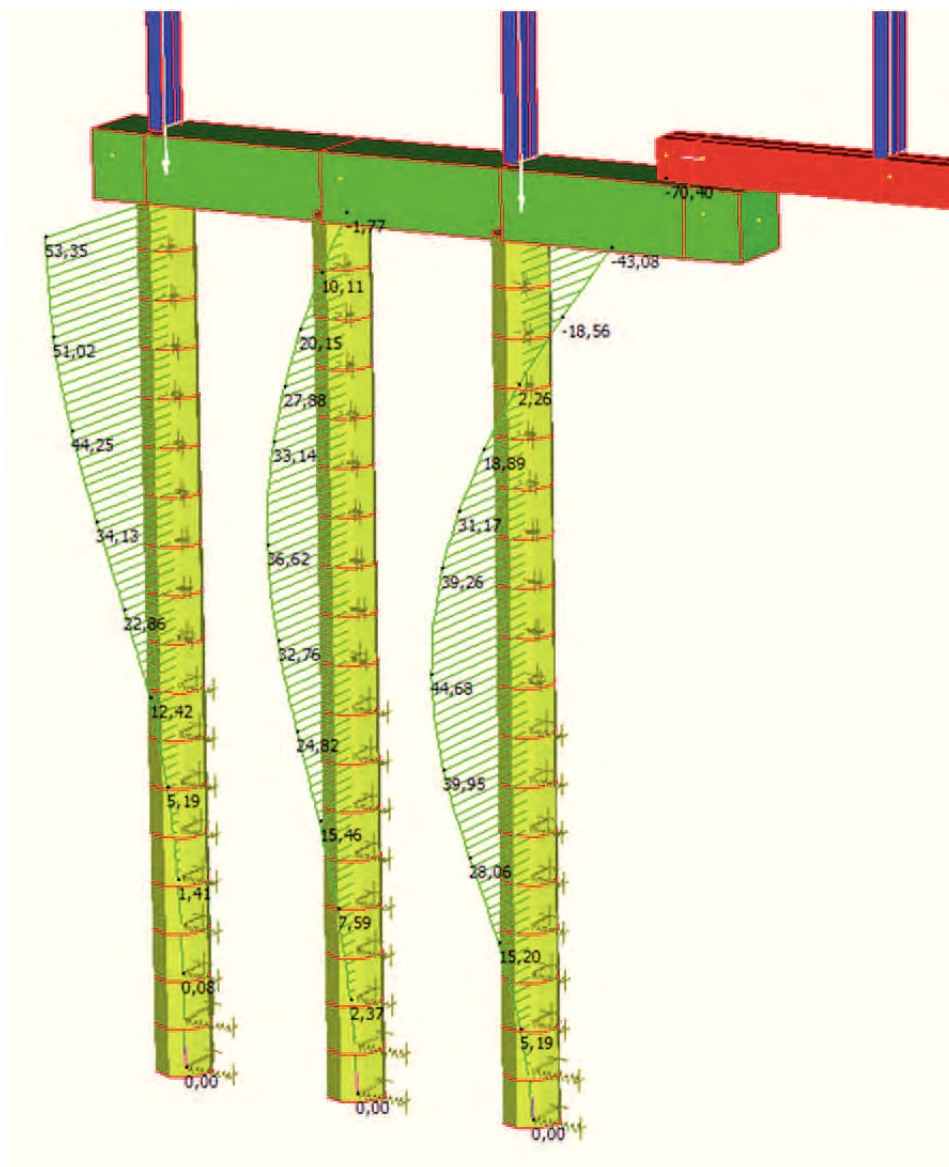
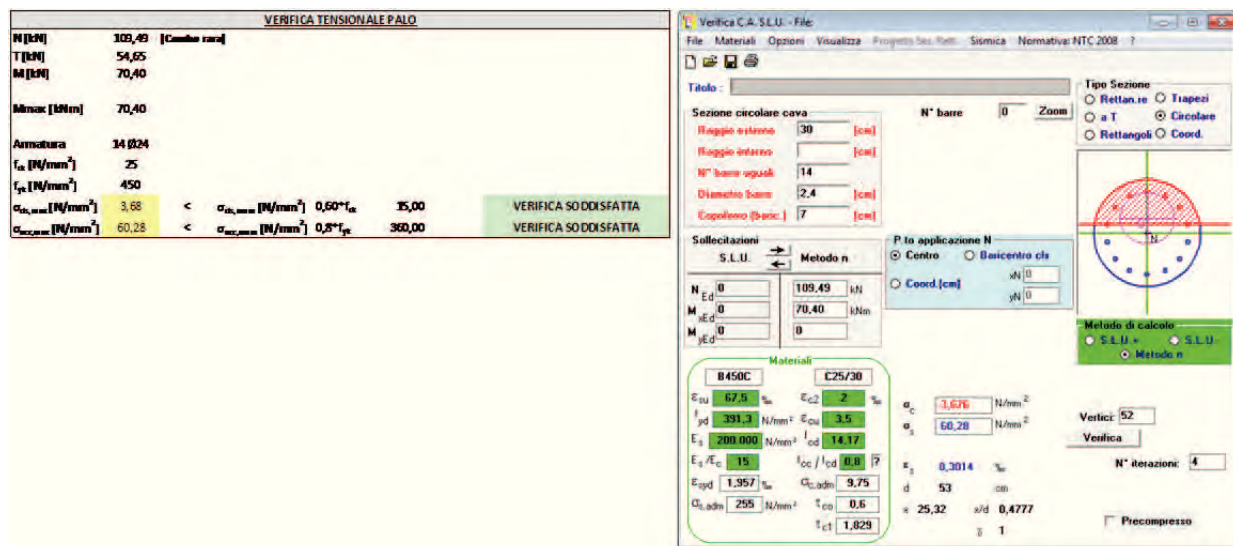
## 14.2.4 Verifiche strutturali del palo di fondazione

### 14.2.4.1 Verifica a presso-flessione (SLU-STR)





#### 14.2.4.2 Verifica delle tensioni (SLE-STR)



#### 14.2.4.3 Verifica a taglio (SLU-STR)

VERIFICA A TAGLIO PALO - SENZA ARMATURA			
N [kN]	147,83	(Combo str)	
T [kN]	81,97		
M [kN]	105,60		
Lato equivalente [mm]	532		
Copriferro [mm]	70		
Armatura	14 Ø24		
Area armatura [mm <sup>2</sup> ]	6333		
Classe cls	C25/30		
$f_{ck}$ cls [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
k [-]	1,66		
$\rho_l$ [%]	2,58%		
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,00		
$v_{min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,37		
$V_{Rd}$ [kN]	195,91		
$T_{Ed}/V_{Rd}$	0,42	<1	VERIFICA SODDISFATTA

#### 14.2.4.4 Verifica di fessurazione (SLE-STR)

VERIFICA DI FESSURAZIONE - METODO SEMPLIFICATO			
Classe di esposizione	-	[-]	XC2
Condizioni ambientali	-	[-]	Ordinarie
Combinazione azioni	-	[-]	Frequente
Tipologia armatura	-	[-]	Poco Sensibile
Limite di apertura fessure	-	[-]	w3
Valore nominale di apertura fessure	w3	[mm]	0,40
Tensione nell'acciaio in combinazione RARA	$\sigma_s$	[N/mm <sup>2</sup> ]	60,28
Diametro massimo delle barre	$\phi_{max}$	[mm]	40
Spaziatura massima delle barre	$s_{max}$	[mm]	300

Diametro del palo	d	[mm]	600
Copriferro armatura	c	[mm]	70
Numero barre	$n_{barre}$	[-]	14
Diametro barre	$\phi_{barre}$	[mm]	24
Spaziatura tra baricentri armatura	$s_{baricentro}$	[mm]	111
Spaziatura netta tra i ferri	$s_{netta}$	[mm]	87

Verifica diametro massimo	$\phi_{barre} < \phi_{max}$	[-]	Verificato
Verifica spaziatura massima	$s_{netta} < s_{max}$	[-]	Verificato

### 14.2.5 Verifica di deformabilità del complesso elevazione-fondazione (SLE)

Lunghezza palo	L	[m]	10,00
Diametro palo	d	[m]	0,60
Modulo d'inerzia del palo	J	[m <sup>4</sup> ]	6,36E-03
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f <sub>ck</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	25
Modulo elastico del calcestruzzo	E	[N/mm <sup>2</sup> ]	31476

Approfondimento testa palo	z <sub>0</sub>	[m]	0,5
Altezza concio	Δz	[m]	0,5
Profondità falda da testa palo	z <sub>falda</sub>	[m]	10,00

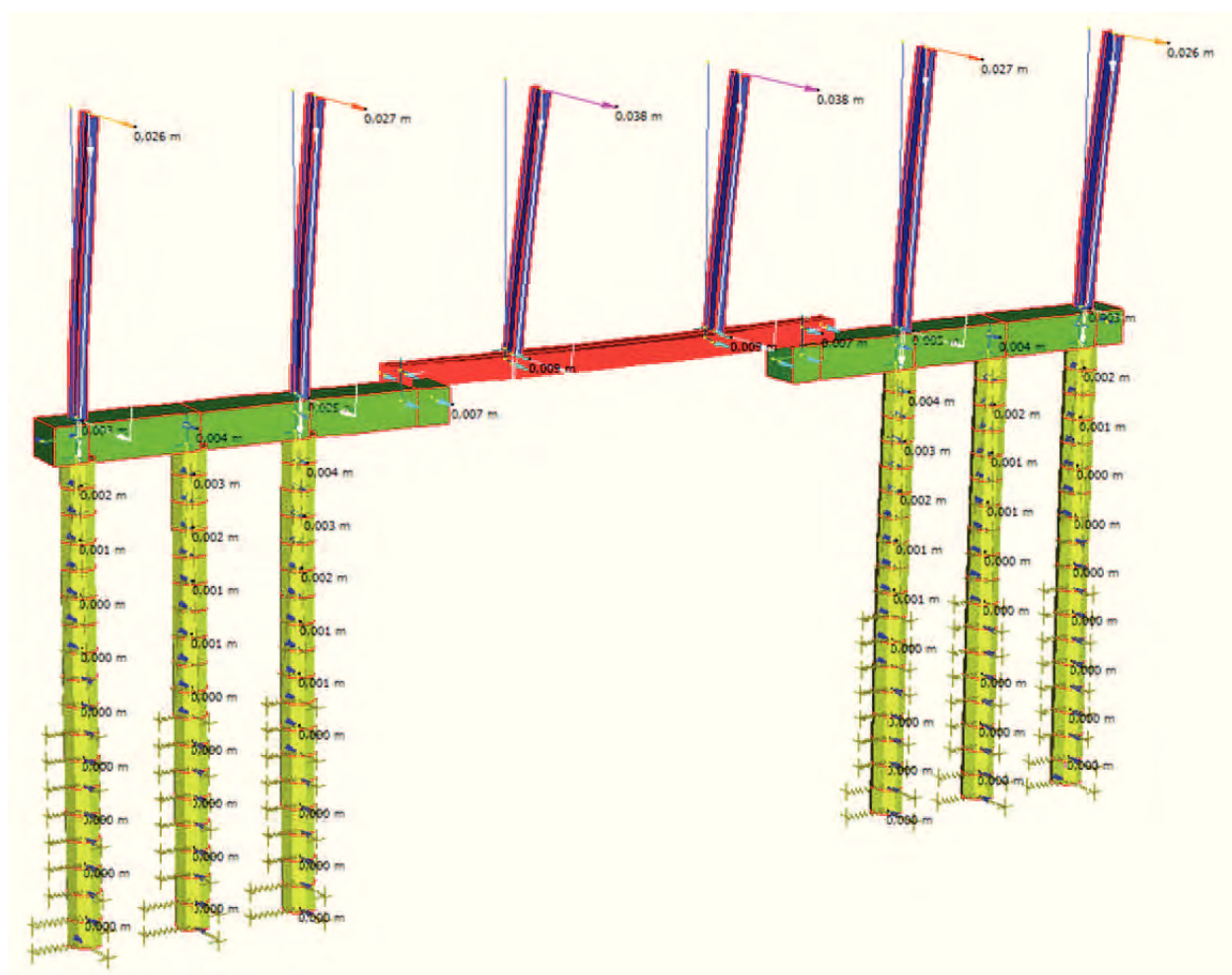
Strato inclinato più superficiale della scarpata	-	-	Ri
Angolo di attrito interno medio della scarpata	φ <sub>medio</sub>	[°]	35
Angolo di inclinazione della scarpata	α	[°]	34
Coefficiente di spinta passiva per scarpata orizzontale	k <sub>p</sub>	[-]	3,690
Coefficiente di spinta passiva per scarpata inclinata	k <sub>p-α</sub>	[-]	1,364
Rapporto tra coefficienti di spinta passiva	η	[-]	0,370

N° concio	Profondità base concio		Terreno	Comportamento	Coesione non drenata media	Modulo di reazione orizzontale medio	Coefficiente riduttivo per l'inclinazione della scarpata	Modulo elastico terreno		Rigidità molle
	Da testa palo	Da piano campagna						Granulare	Coesivo	
[-]	z <sub>palo</sub> [m]	z <sub>ni</sub> [m]	-	-	Cu <sub>media</sub> [kPa]	K <sub>h medio</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	η [-]	E <sub>gran</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>coes</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k [kN/m]
1	0,50	1,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	2'218	-	1'331
2	1,00	1,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	3'327	-	1'996
3	1,50	2,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	4'435	-	2'661
4	2,00	2,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	5'544	-	3'327
5	2,50	3,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	6'653	-	3'992
6	3,00	3,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	7'762	-	4'657
7	3,50	4,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	8'871	-	5'323
8	4,00	4,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	9'980	-	5'988
9	4,50	5,00	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	11'089	-	6'653
10	5,00	5,50	Ri	Granulare	0	6'000	0,370	12'198	-	7'319
11	5,50	6,00	Ri	Granulare	0	6'000	1,000	36'000	-	21'600
12	6,00	6,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
13	6,50	7,00	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
14	7,00	7,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
15	7,50	8,00	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
16	8,00	8,50	A1<8.5 Coesivo	Coesivo	55	22'000	1,000	-	22'000	13'200
17	8,50	9,00	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
18	9,00	9,50	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
19	9,50	10,00	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200
20	10,00	10,50	A1>=8.5 Coesivo	Coesivo	80	32'000	1,000	-	32'000	19'200



GEOMETRIA			
Altezza barriera	$H_{barr}$	[m]	5,50
Interasse longitudinale	$i_{barr}$	[m]	4,00
Lunghezza sbraccio	$L_{sbraccio}$	[m]	0,00
Inclinazione sbraccio	$\alpha_{sbraccio}$	[°]	0
Profilo montante	-	[-]	IPE 360
Momento d'inerzia montante	$J_{mont}$	[mm <sup>4</sup> ]	1,63E+08
Pressione del vento sul montante	$p_{vento\ mont}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	1,205
Pressione del vento sullo sbraccio	$p_{vento\ sbraccio}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,000
Altezza plinto	$H_{plinto}$	[m]	0,70

VERIFICA DI DEFORMABILITA' MONTANTI		
Spostamento totale testa montante $E_d$	cm	<b>3,80</b>
Spostamento ammissibile $C_d = H/100$	cm	<b>5,50</b>
Verificato $E_d < C_d$ - $E_d/C_d = 0,69$		



#### 14.2.6 Verifica strutturale del cordolo

Si considera un cordolo di base  $B=0.80$  m e altezza  $H=0.70$  m.

DIMENSIONI			
Base sezione	B	[m]	0,80
Altezza sezione	H	[m]	0,70
Lunghezza sezione	L	[m]	-
Copriferro (baricentro barra)	c	[m]	0,05
Altezza utile	d	[m]	0,65
Area	A	[m <sup>2</sup> ]	0,56
Momento d'inerzia orizzontale	I <sub>y</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,023
Momento d'inerzia verticale	I <sub>z</sub>	[m <sup>4</sup> ]	0,0299

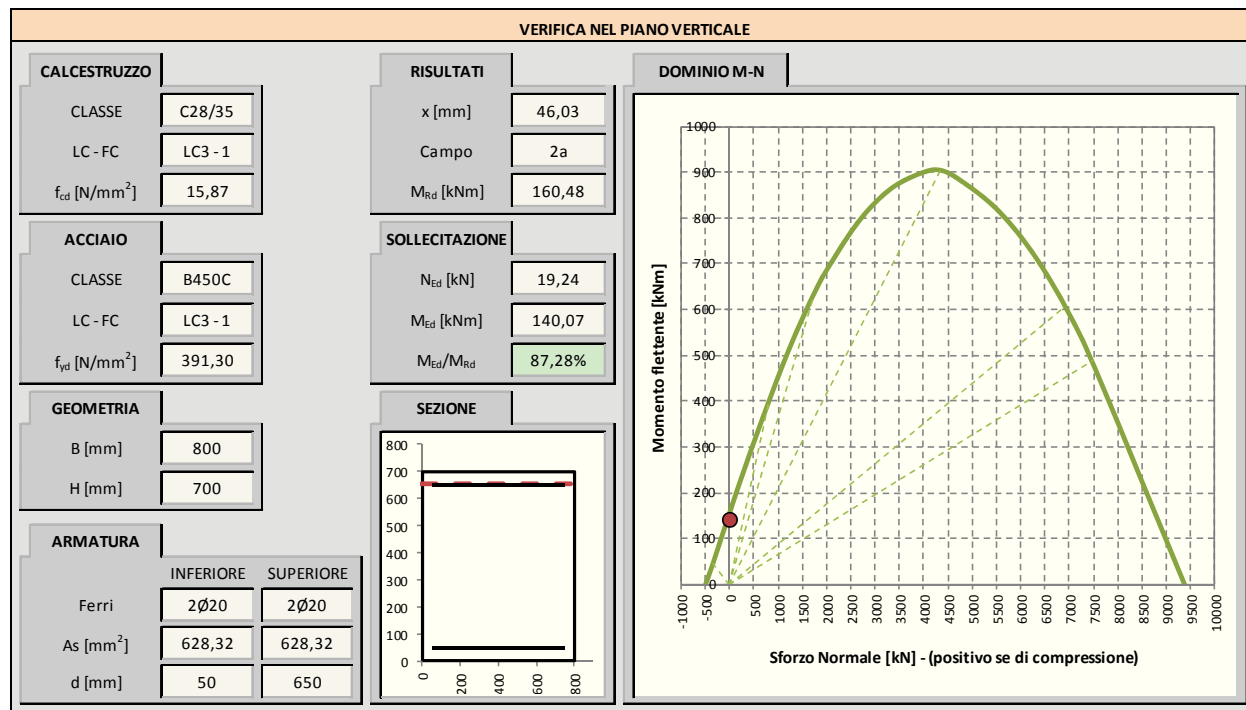
Si prevede la seguente armatura. Delle armature longitudinali, le barre d'angolo vengono impiegate per le verifiche a torsione, mentre le restanti barre per lato vengono impiegate per le verifiche flessionali.

Armatura inferiore per flessione verticale	2 Ø20
Armatura superiore per flessione verticale	2 Ø20
Armatura laterale per flessione orizzontale	2+2 Ø20
Armatura d'angolo per torsione	12 Ø20
Staffe	Ø12/12.5 cm
Totale armatura superiore	6 Ø20
Totale armatura inferiore	6 Ø20

Le azioni agenti in combinazione SLU-STR sono ricavate dal modello agli elementi finiti e di seguito riportate:

SOLLECITAZIONI SLU-STR			
Sforzo normale	N <sub>ed</sub>	[kN]	19,24
Momento flettente orizzontale	M <sub>ed h</sub>	[kNm]	95,49
Momento flettente verticale	M <sub>ed v</sub>	[kNm]	140,07
Taglio orizzontale	V <sub>ed h</sub>	[kN]	36,15
Taglio verticale	V <sub>ed v</sub>	[kN]	75,88
Momento torcente	T <sub>ed</sub>	[kNm]	315,25
Taglio risultante	V <sub>ed</sub>	[kN]	84,05

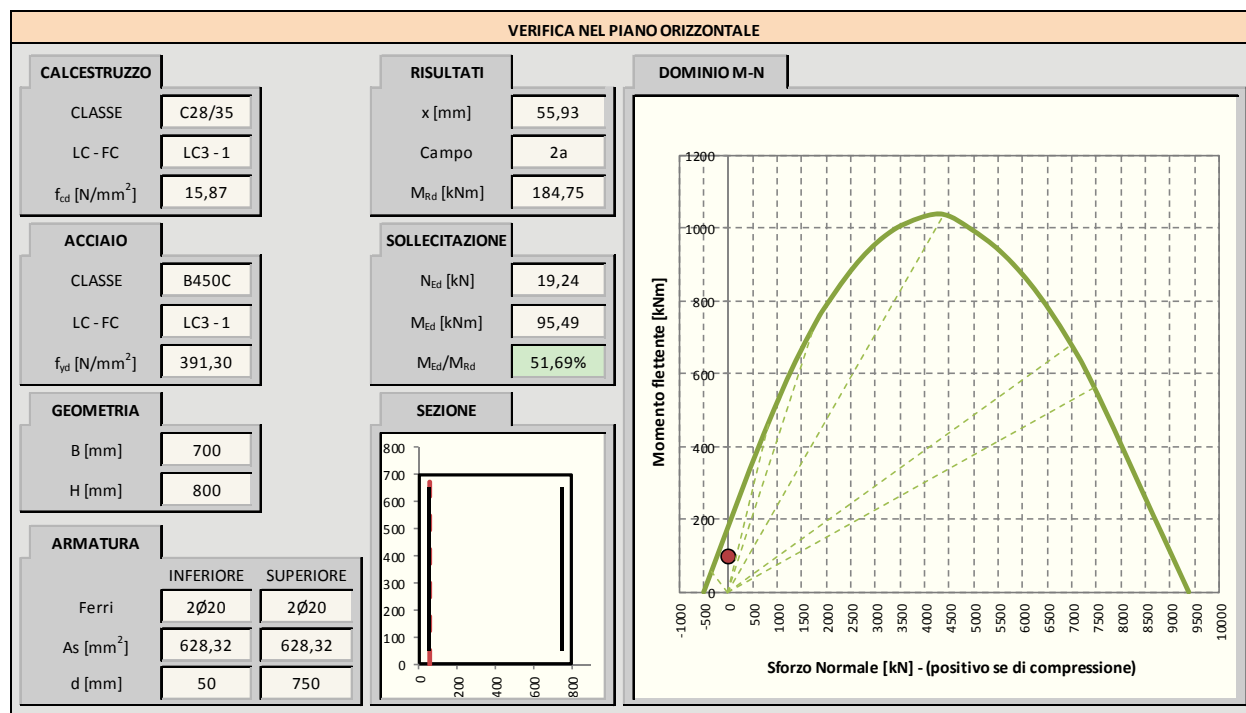
## Verifiche a flessione e taglio nel piano verticale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,03
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	207,12
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1860,42
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	207,12
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	36,64%



## Verifiche a flessione e taglio nel piano orizzontale



VERIFICA A TAGLIO - CON ARMATURA			
Inclinazione staffe rispetto all'asse	$\alpha$	[°]	90
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	0,03
Coefficiente maggiorativo	$\alpha_c$	[-]	1,00
Resistenza a taglio di calcolo lato acciaio	$V_{Rsd}$	[kN]	238,98
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1878,31
Resistenza a taglio di calcolo	$V_{Rd}$	[kN]	238,98
Verifica	$V_{Ed}/V_{Rd}$	[-]	15,13%

Verifiche a torsione e taglio

ARMATURA LONGITUDINALE PER TORSIONE			
Armatura longitudinale per torsione	12	$\emptyset$	20
	As	[mm <sup>2</sup> ]	3769,91

ARMATURA TRASVERSALE A TORSIONE (STAFFE)			
Numero di bracci	n	[-]	2
Armatura trasversale (staffe)	Asw	$\emptyset$	12
		[mm <sup>2</sup> ]	226,19
Passo	s	[cm]	12,5

VERIFICA A TORSIONE			
Inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\theta$	[°]	45
Cotangente dell'inclinazione delle bielle di calcestruzzo	$\cotg \theta$	[-]	1,00
Area delle staffe	As	[mm <sup>2</sup> ]	226
Passo delle staffe	s	[mm]	125
Rapporto tra area staffe e passo	$a_s$	[mm]	1,810
Area della sezione	$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	560000
Perimetro della sezione	u	[mm]	3000
Rapporto tra area e perimetro	t	[mm]	186,67
Area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico	A	[mm <sup>2</sup> ]	314844
Perimetro medio del nucleo resistente	$u_m$	[mm]	2253
Area complessiva armatura longitudinale	$\Sigma A_l$	[mm <sup>2</sup> ]	3770
Rapporto tra armatura longitudinale e perimetro medio	$a_l$	[mm]	1,67
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Resistenza a torsione di calcolo lato staffe	$T_{Rsd}$	[kNm]	445,87
Resistenza a torsione di calcolo lato armatura longitudinale	$T_{Rld}$	[kNm]	412,24
Resistenza a torsione di calcolo	$T_{Rd}$	[kNm]	412,24
Verifica	$T_{Ed}/T_{Rd}$	[-]	76,47%

VERIFICA COMBINATA TAGLIO E TORSIONE			
Resistenza a taglio di calcolo lato calcestruzzo	$V_{Rcd}$	[kN]	1860,42
Resistenza a torsione di calcolo lato calcestruzzo	$T_{Rcd}$	[kNm]	466,25
Verifica	$\beta_T + \beta_V$	[-]	72,13%

N.B.: le staffe vengono disposte con il passo indicato di 12.5cm solo nel tratto a sbalzo del cordolo. Nel tratto restante le staffe vengono poste con passo 25cm. Non si riportano per brevità le verifiche di questo tratto sebbene siano stati svolti tutti i calcoli e tale variazione risulti verificata.

### 14.3 RIEPILOGO FONDAZIONI TRAVI DI SCAVALCO IN ACCIAIO

Tabella 14.1 - Fondazioni delle travi di scavalco in acciaio

Intervento elementare	Lunghezza intervento [m]	Altezze acustiche	Altezze strutturali	Tipo ST	Schema Tipo	Interasse montanti/interasse pali	Lunghezze pali	Armatura	Tipologia montante
2Sa	4,00	5,00	5,50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	10,00	14phi24	IPE 360
2Sa	12,00	5,00	5,00	ST-06	su trave di scavalco in acciaio	4,00			IPE 360
2Sa	4,00	5,00	5,50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	10,00	14phi24	IPE 360
1Nd	8,00	6,00	6,50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	10,50	14phi24	IPE 400
1Nd	12,00	6,00	6,00	ST-06	su trave di scavalco in acciaio	4,00			IPE 400
1Nd	8,00	6,00	6,50	ST-01	con fondazione con pali trivellati	4.00/2.00	10,50	14phi24	IPE 400