PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
Servizio Infrastrutture, Mobilità sostenibile, Patrimonio ed Edilizia
corso Garibaldi, 26, Reggio Emilia
info@provincia.re.it

MESSA IN SICUREZZA DELLE STRUTTURE DEL PONTE SUL FIUME SECCHIA lungo la SP 9 al km 6+100 tra i comuni di Castelnovo ne' Monti e Villa Minozzo

- Lotto 2 - Lavori relativi a n. 6 campate e alla spalla destra e adeguamento del piano viabile -

CIG: 9002143369 - CUP: C27H20001640001 - CUP: C27H20001650001

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO

dott. ing. VALERIO BUSSEI
dirigente del *Servizio Infrastrutture, Mobilità sostenibile, Patrimonio ed Edilizia*
v.bussei@provincia.re.it

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. MARINO GALLO

U.O. Gestione Manufatti
m.gallo@provincia.re.it

IL PROGETTISTA

dott. ing. SALVATORE VERA
MAIN ENGINEERING s.r.l.
Via Carlo Levi, 10
42124 Reggio Emilia (RE)
0522-506337
info@mainengineering.eu
www.mainengineering.eu

Collaboratori:
Ing. Fabio Emmolo, Ing. Alessandro Emadei

ELABORATO

D.04

SERIE ELABORATI

Progetto di fattibilità tecnico economica

TITOLO DELL'ELABORATO

RELAZIONE TECNICA DI VULNERABILITÀ STRUTTURALE E SISMICA (STATO DI FATTO E IPOTESI DI MIGLIORAMENTO)

REVISIONI			red.	contr.	red.	contr.
A	14/06/2022	Rev. 01	F.E.	S.V.	F.E.	S.V.
B					data	
C					31/05/2022	
D					scala	
E						

Premessa

Di seguito vengono eseguite le prime verifiche di sicurezza allo SLU e di vulnerabilità sismica allo SLV per il ponte in oggetto, nello stato di fatto al netto del degrado, che si presupone di eliminare integralmente con gli interventi in progetto.

Le verifiche si basano sui rilievi geometrici, le due campagne di indagini in sito e l'esame della documentazione progettuale originale; grazie alle informazioni disponibili il livello di conoscenza risulta LC3 e pertanto viene adottato un fattore di confidenza FC=1.

	CARATTERISTICHE MECCANICHE MATERIALI ESISTENTI						
	Rcm	**fcm**	**fck**	**fctm**	**Ecm**	**v**	**G**
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	-	MPa
Travi in cap	**36**	29,88	21,88	**2,35**	**30551,8**	**0,2**	**12729,92**
Travi in ca	**24**	19,92	11,92	**1,57**	**27052,63**	**0,2**	**11271,93**
aste e pulvini	**28**	23,24	15,24	**1,84**	**28333,06**	**0,2**	**11805,44**
basamenti	**49**	40,67	32,67	**3,07**	**33512,35**	**0,2**	**13963,48**
Spalle	**26**	21,58	13,58	**1,71**	**27710,1**	**0,2**	**11545,88**
Solette	**40**	33,2	25,2	**2,58**	**31532,91**	**0,2**	**13138,71**

acciaio tipo	**FeB44k**	
fyk	430	Mpa
ftk	540	Mpa

Armatura per precompressione:

fptk (tensione caratteristica di rottura) = 18000 daN/cmq

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 16200 daN/cmq

In primo luogo sono state effettuate le verifiche allo SLU nei confronti dei carichi e ai livelli di sicurezza previsti dalla vigente normativa per i ponti di cui alle NTC 2018, avvalendosi di un'analisi su modello FEM tridimensionale.

Queste ultime verifiche hanno fornito esito essenzialmente positivo, al netto di una lieve inadeguatezza della soletta in c.a. nelle campate di approccio; a questo proposito e per queste ultime si prevede di eseguire un rinforzo con introduzione di un traversino metallico rompitratta al fine di attivare un comportamento a piastra della soletta stessa nei confronti dei carichi stradali concentrati, in modo che risultino soddisfatte le verifiche di sicurezza anche al netto della perdita di sezione metallica per effetto della accertata presenza di cloruri.

Pertanto, presupponendo l'eliminazione del degrado e della relativa progressione, sotto il profilo delle azioni permanenti, carichi stradali, vento, frenamento ecc. il ponte risulterebbe adeguato ai sensi delle LLGG 2020.

Successivamente, è stata saggiata la vulnerabilità sismica del ponte analizzando in prima fase il comportamento allo stato di fatto delle sottostrutture (pile e fondazioni) con una analisi statica non lineare semplificata.

L'elemento maggiormente vulnerabile è stato individuato nei cavalletti costituenti la parte superiore delle pile, che presentano un indice ξ= 0,32 in corrispondenza dell'impalcato in c.a.p.

Al fine di valutare l'efficacia dell'introduzione dell'isolamento sismico in corrispondenza dell'appoggio degli impalcati del tratto centrale in c.a.p. è stata eseguita un'analisi sismica di tipo statico lineare sul modello FEM tridimensionale sia nello stato di fatto sia con l'introduzione di isolatori sismici, previsti in via preliminare del tipo elastomerico armato.

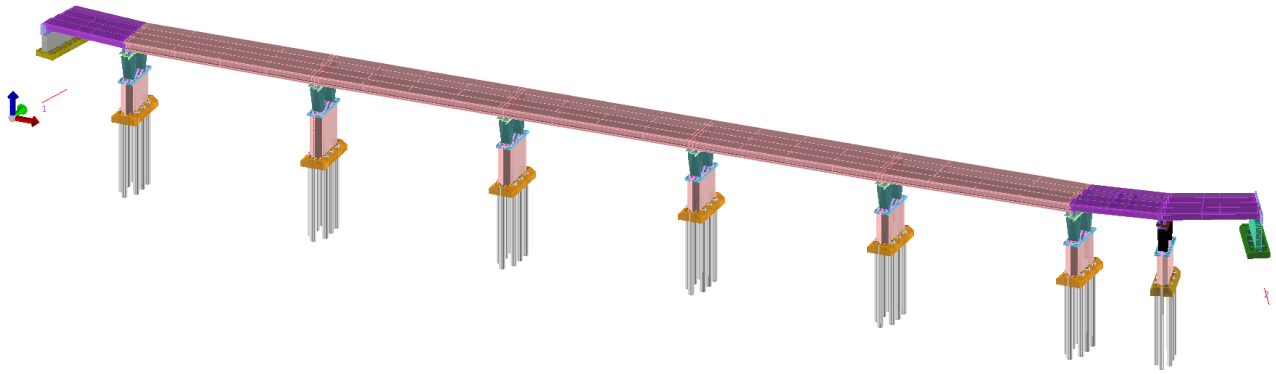
Il confronto dei risultati in termini di sollecitazioni sui cavalletti delle pile dimostra che tale provvedimento è in grado di dimezzare la domanda e pertanto si prevede che l'isolamento ipotizzato possa apportare un miglioramento sismico con un indice obiettivo minimo ξ= 0,60 come richiesto dalla committenza.

Inoltre, dovendo le sottostrutture permanere in campo sostanzialmente elastico, si renderà necessario un intervento di rinforzo della base delle aste dei cavalletti delle pile al fine di accrescerne la duttilità e la resistenza ultima.

Inoltre, l'inserimento dell'isolamento sismico a livello dell'appoggio dell'impalcato a travi precompresse, si renderà necessario un adeguamento del giunto di collegamento alle campate di raccordo in c.a.o. con interventi sulle testate delle travi di queste ultime.

In sede di analisi definitive verranno eseguite analisi più approfondite e dettagliate, anche per la determinazione della domanda sismica (spettro di risposta calcolato mediante specifica analisi di risposta sismica locale) e dell'interazione terreno struttura in fase sismica (impedenza del sistema di fondazione).

Verifiche preliminari SLU - Ponte Secchia SP9



Modello FEM 3D con interazione terreno struttura

Tipo	Descrizione	γ	ψ0	ψ1	ψ2	SLU		
						γψ0	γψ1	γψ2
Carichi Mobili	Q_{ik}	1.35	0.75	0.75	0	1.0125	1.0125	0
	Folla marciapiede	1.35	0.4	0.4	0	0.54	0.54	0
	q_{ik}	1.35	0.4	0.4	0	0.54	0.54	0
	Altre corsie	1.35	0.4	0	0	0.54	0	0
	Frenatura	1.35	0	0	0	0	0	0
	Forza centrifuga	1.35	0	0	0	0	0	0
Altri carichi variabili	Vento	1.5	0.6	0.2	0	0.9	0.3	0
Pesi propri g_1	Peso proprio strutturale	1.35	1	1	1	1.35	1.35	1.35
	Spinta terreno	1.3	1	1	1	1.3	1.3	1.3
Pesi propri g_2	Asfalto	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5
	Marciapiedi + Sicurvia	1.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5

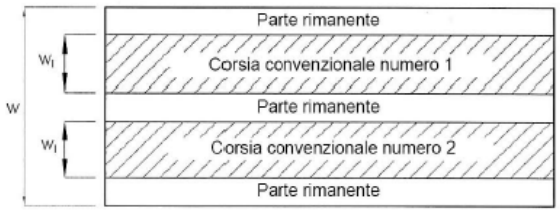
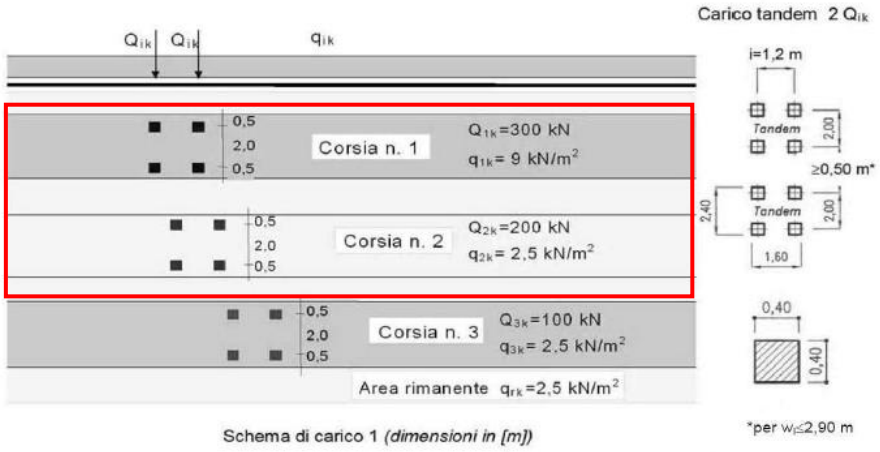


Fig. 5.1.1 - *Esempio di numerazione delle corsie*

Tab. 5.1.I - *Numero e larghezza delle corsie*

Larghezza della superficie carrabile "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
w < 5,40 m	$n_l = 1$	3,00	(w-3,00)
5,4 ≤ w < 6,0 m	$n_l = 2$	w/2	0
6,0 m ≤ w	n_l = Int(w/3)	3,00	w - (3,00 x n_l)



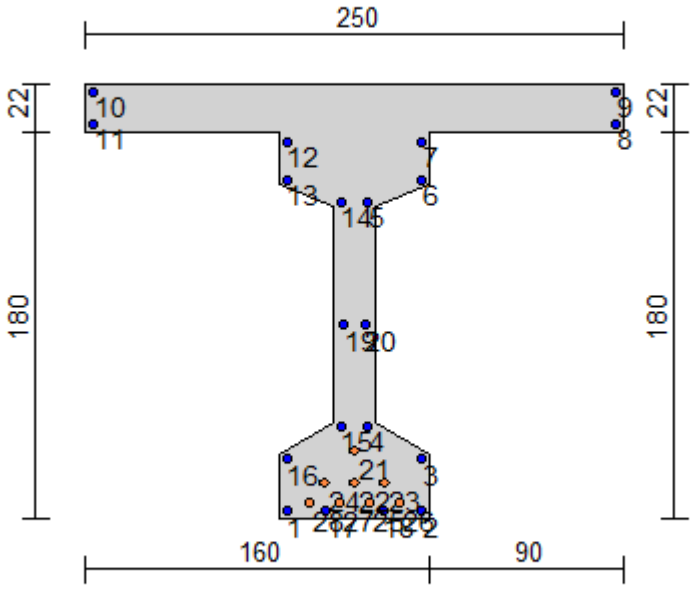
Schema di carico 1 *(dimensioni in [m])*

Tab. 5.1.IV – *Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico*

	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			*Carichi orizzontali*		*Carichi verticali*
Gruppo di azioni	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m²
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti pedonali
(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Verifica trave principale in c.a.p.



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	90.0	30.0
2	115.0	45.0
3	115.0	145.0
4	90.0	155.0
5	90.0	180.0
6	0.0	180.0
7	0.0	202.0
8	250.0	202.0
9	250.0	180.0
10	160.0	180.0
11	160.0	155.0
12	135.0	145.0
13	135.0	45.0
14	160.0	30.0
15	160.0	0.0
16	90.0	0.0

Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	93.6	3.6	0.79	no
2	156.4	3.6	0.79	no
3	156.4	28.0	0.79	no
4	131.4	43.0	0.79	no
5	131.4	147.4	0.79	no

6	156.4	157.4	0.79	no
7	156.4	175.0	0.79	no
8	246.4	183.6	1.13	no
9	246.4	198.4	1.13	no
10	3.6	198.4	1.13	no
11	3.6	183.6	1.13	no
12	93.6	175.0	0.79	no
13	93.6	157.4	0.79	no
14	118.6	147.4	0.79	no
15	118.6	43.0	0.79	no
16	93.6	28.0	0.79	no
17	111.6	3.6	0.79	no
18	138.4	3.6	0.79	no
19	120.0	90.0	0.79	no
20	130.0	90.0	0.79	no
21	125.0	32.0	12.44	si
22	125.0	17.0	12.44	si
23	139.0	17.0	12.44	si
24	111.0	17.0	12.44	si
25	132.0	7.3	12.44	si
26	146.0	7.3	12.44	si
27	118.0	7.3	12.44	si
28	104.0	7.3	12.44	si

Normativa di riferimento:
D.M. 14/01/2018 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:
Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:
Calcestruzzo classe: Cl. 36.0
Rcm (resistenza media cubica a compressione) = 360.00 daN/cmq
fcm (resistenza media cilindrica a compressione) = 299.00 daN/cmq

fcd = 199.33 daN/cmq (α_{cc} = 0.85; γ_c = 1.50)
fctm (resistenza a trazione media) = 28.90 daN/cmq
G (modulo di elasticità tangenziale) = 146476 daN/cmq
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 328106 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Valori di calcolo per materiale esistente con F.C.= 1.00:
Rcm = 360.00 daN/cmq
fcm = 299.00 daN/cmq

fcd = 199.33 daN/cmq (α_{cc} = 1.00; γ_c = 1.50)

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: FeB 44k
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4300 daN/cmq

fyd = 3739 daN/cmq (γ_a = 1.15)
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cmq

εuk (deformazione di rottura) = 0.120
G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cmq
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc
Valori di calcolo per materiale esistente con F.C.= 1.00:
fyk = 4300 daN/cmq

fyd = 3739 daN/cmq (γ_a = 1.15)

Armatura per precompressione:
fptk (tensione caratteristica di rottura) = 18000 daN/cmq
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 16200 daN/cmq

εptk (def. a rottura) = 0.05000

εud (def. ultima) = 0.02000

εprec. (def. alla decompressione del CLS) = 0.00500

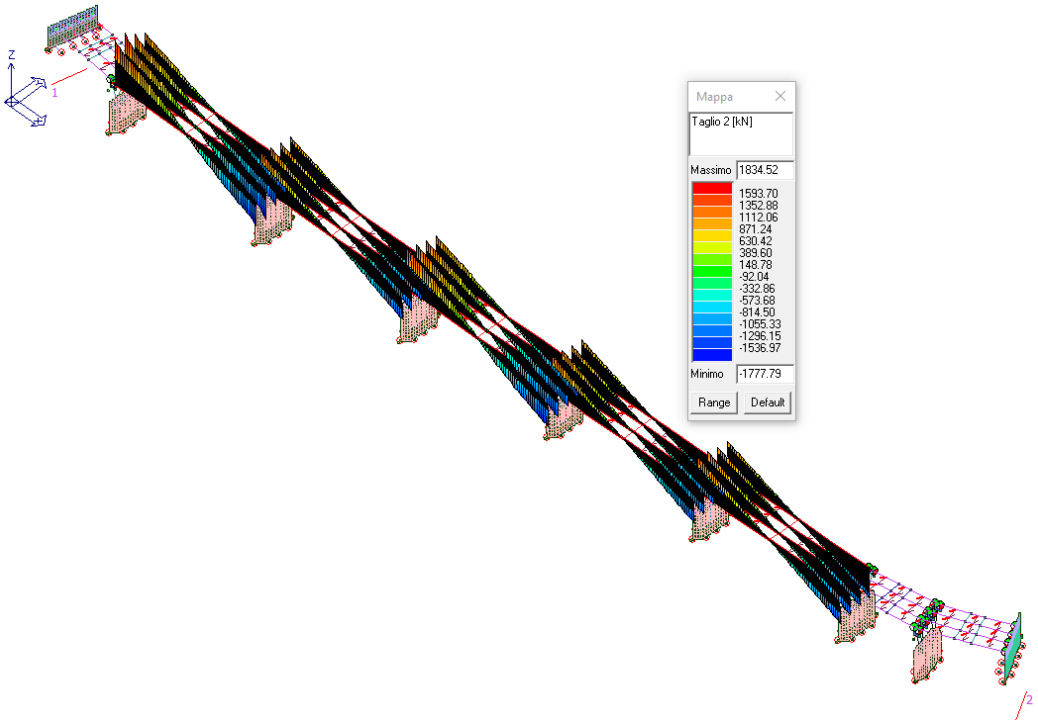
Verifiche stato limite ultimo:
Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: tipo P)
Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: tipo M)
Verifica con Nu costante (sigla verifica: tipo N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	εc	εa	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
16	86.0	15447.2	0.0	P	138.3	24862.2	0.0	0.350	0.829	0.620	OK
16	86.0	15447.2	0.0	M	12173.3	15442.6	0.0	0.343	0.015	0.010	OK
16	86.0	15447.2	0.0	N	86.0	24855.9	0.0	0.350	0.841	0.620	OK

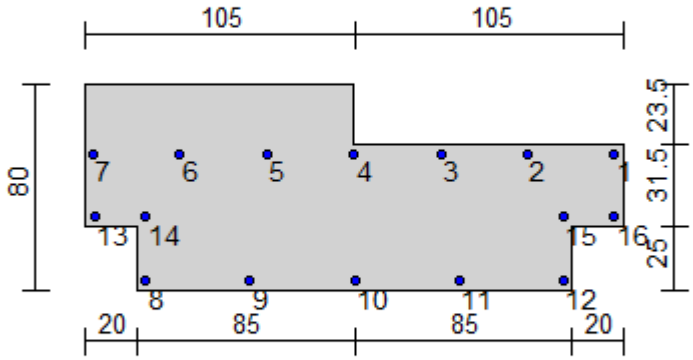
Verifica a taglio appoggio trave c.a.p.



bw	70	cm
d	190	cm
fctd	1.566667	Mpa

sig_cp	3.867	MPa				
Vrd	2716.259	kN	>	Ved	1834.52	kN

Verifica trave pulvino in c.a.



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0.0	80.0
2	105.0	80.0
3	105.0	56.5
4	210.0	56.5
5	210.0	25.0
6	190.0	25.0
7	190.0	0.0
8	105.0	0.0
9	20.0	0.0
10	20.0	25.0
11	0.0	25.0

Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	206.4	52.9	3.80	no
2	172.5	52.9	3.80	no
3	138.6	52.9	3.80	no
4	104.7	52.9	3.80	no

5	70.8	52.9	3.80	no
6	36.9	52.9	3.80	no
7	3.0	52.9	3.80	no
8	23.6	3.6	3.80	no
9	64.3	3.6	3.80	no
10	105.0	3.6	3.80	no
11	145.7	3.6	3.80	no
12	186.4	3.6	3.80	no
13	3.6	28.6	3.80	no
14	23.6	28.6	3.80	no
15	186.4	28.6	3.80	no
16	206.4	28.6	3.80	no

Normativa di riferimento:
D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:
Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:
Calcestruzzo classe: Cl. 28
Rcm (resistenza media cubica a compressione) = 280.00 daN/cmq
fcm (resistenza media cilindrica a compressione) = 230.00 daN/cmq
fcd = 153.33 daN/cmq (α_{cc} = 0.85; γ_c = 1.50)
fctm (resistenza a trazione media) = 18.40 daN/cmq
G (modulo di elasticità tangenziale) = 11805 daN/cmq
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 28333 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Valori di calcolo per materiale esistente con F.C.= 1.00:
Rcm = 280.00 daN/cmq
fcm = 230.00 daN/cmq
fcd = 153.33 daN/cmq (α_{cc} = 1.00; γ_c = 1.50)

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: FeB 44k
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4300 daN/cmq
fyd = 3739 daN/cmq (γ_a = 1.15)
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cmq
εuk (deformazione di rottura) = 0.120
G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cmq
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc
Valori di calcolo per materiale esistente con F.C.= 1.00:
fyk = 4300 daN/cmq
fyd = 3739 daN/cmq (γ_a = 1.15)

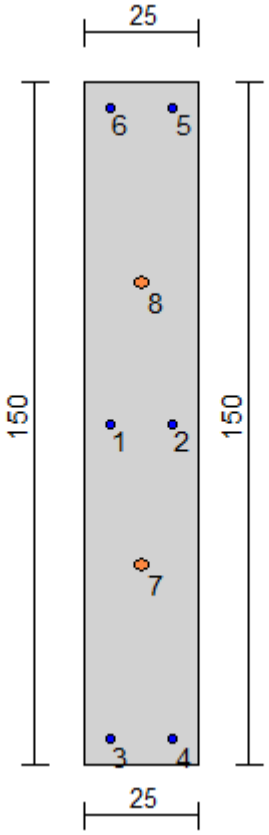
Verifiche stato limite ultimo:
Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: tipo P)
Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: tipo M)
Verifica con Nu costante (sigla verifica: tipo N)

Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

Risultati combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	εc	εa	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m	%	%		
11	-967.7	158.7	0.0	P	-1741.0	285.6	0.0	0.350	2.740	0.560	OK
10	-885.4	178.7	0.0	M	-2023.4	178.8	0.0	0.350	6.439	0.440	OK
21	-801.4	198.7	0.0	N	-801.4	584.8	0.0	0.350	1.530	0.340	OK

Verifica Traverso c.a.p.



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0.0	150.0
2	25.0	150.0
3	25.0	0.0
4	0.0	0.0

Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	5.6	75.0	0.79	no
2	19.4	75.0	0.79	no
3	5.6	5.6	1.13	no
4	19.4	5.6	1.13	no
5	19.4	144.4	1.13	no
6	5.6	144.4	1.13	no
7	12.5	44.0	5.60	si
8	12.5	106.0	5.60	si

Normativa di riferimento:
D.M. 14/01/2008 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:
Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:
Calcestruzzo classe: Cl. 36.0
Rcm (resistenza media cubica a compressione) = 360.00 daN/cmq
fcm (resistenza media cilindrica a compressione) = 299.00 daN/cmq

fcd = 199.33 daN/cmq (α_{cc} = 0.85; γ_c = 1.50)
fctm (resistenza a trazione media) = 28.90 daN/cmq
G (modulo di elasticità tangenziale) = 146476 daN/cmq
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 328106 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.20
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Valori di calcolo per materiale esistente con F.C.= 1.35:
Rcm = 266.67 daN/cmq
fcm = 221.48 daN/cmq

fcd = 221.48 daN/cmq (α_{cc} = 1.00; γ_c = 1.00)

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: FeB 44k
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4300 daN/cmq

fyd = 3739 daN/cmq (γ_a = 1.15)
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cmq

ε_{uk} (deformazione di rottura) = 0.120
G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cmq
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc
Valori di calcolo per materiale esistente con F.C.= 1.35:
fyk = 3185 daN/cmq

fyd = 3185 daN/cmq (γ_a = 1.00)

Armatura per precompressione:
fptk (tensione caratteristica di rottura) = 18700 daN/cmq
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 16830 daN/cmq

ε_{ptk} (def. a rottura) = 0.05000

ε_{ud} (def. ultima) = 0.02000

$\varepsilon_{prec.}$ (def. alla decompressione del CLS) = 0.00500

Verifiche stato limite ultimo:
Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: tipo P)
Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: tipo M)
Verifica con Nu costante (sigla verifica: tipo N)

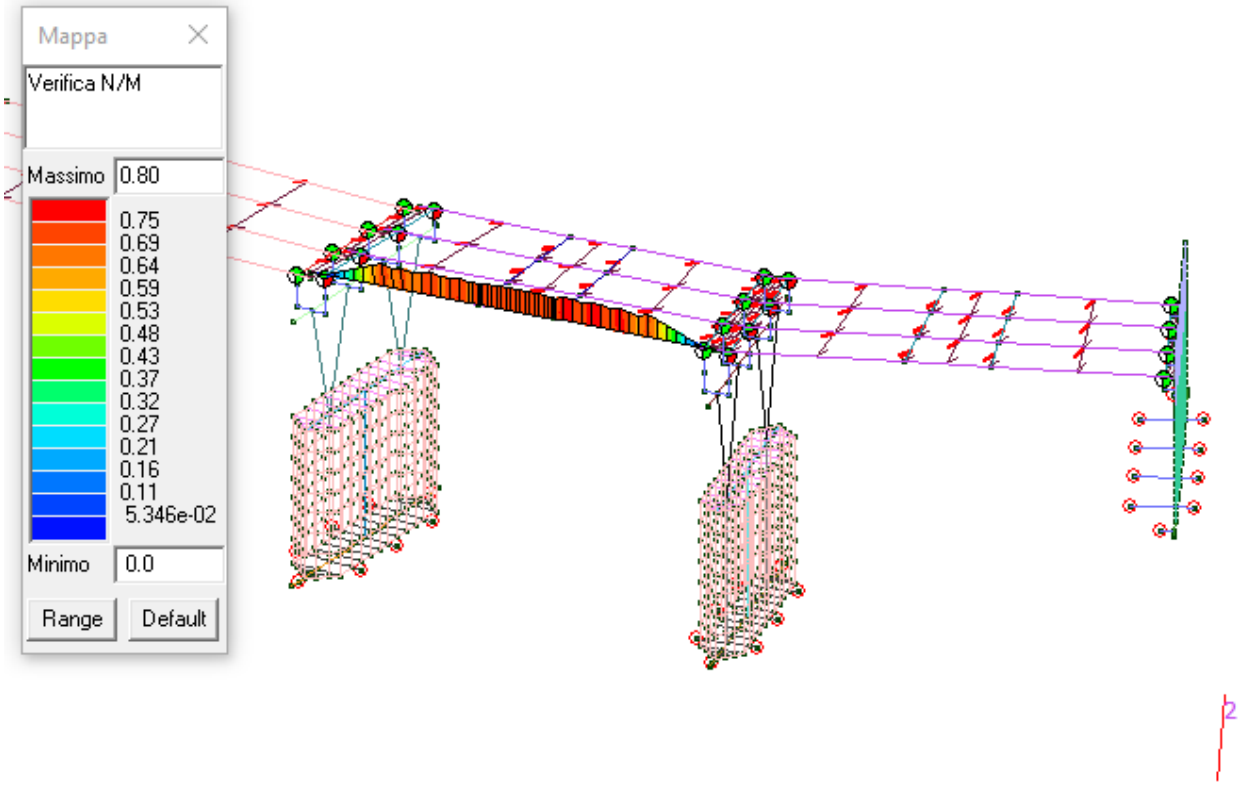
Verifiche SLU (verifica Ok per Sd/Su < 1)

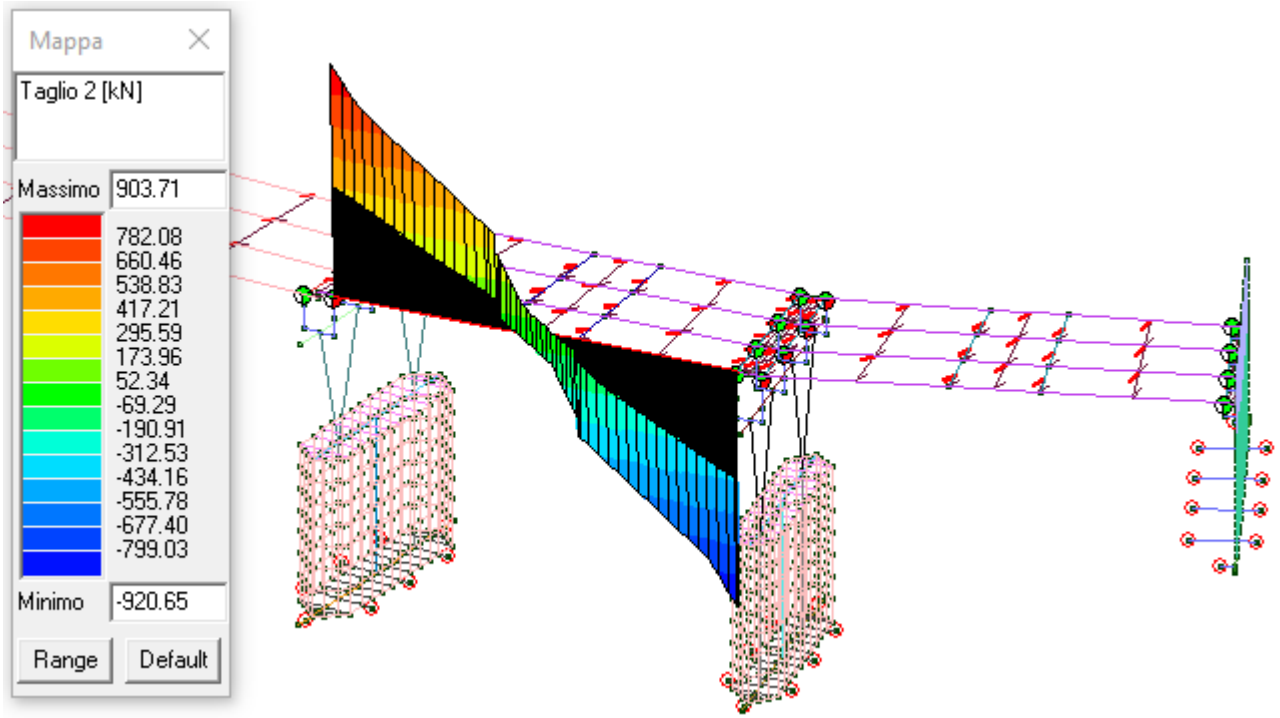
Risultati combinazioni maggiormente gravose:

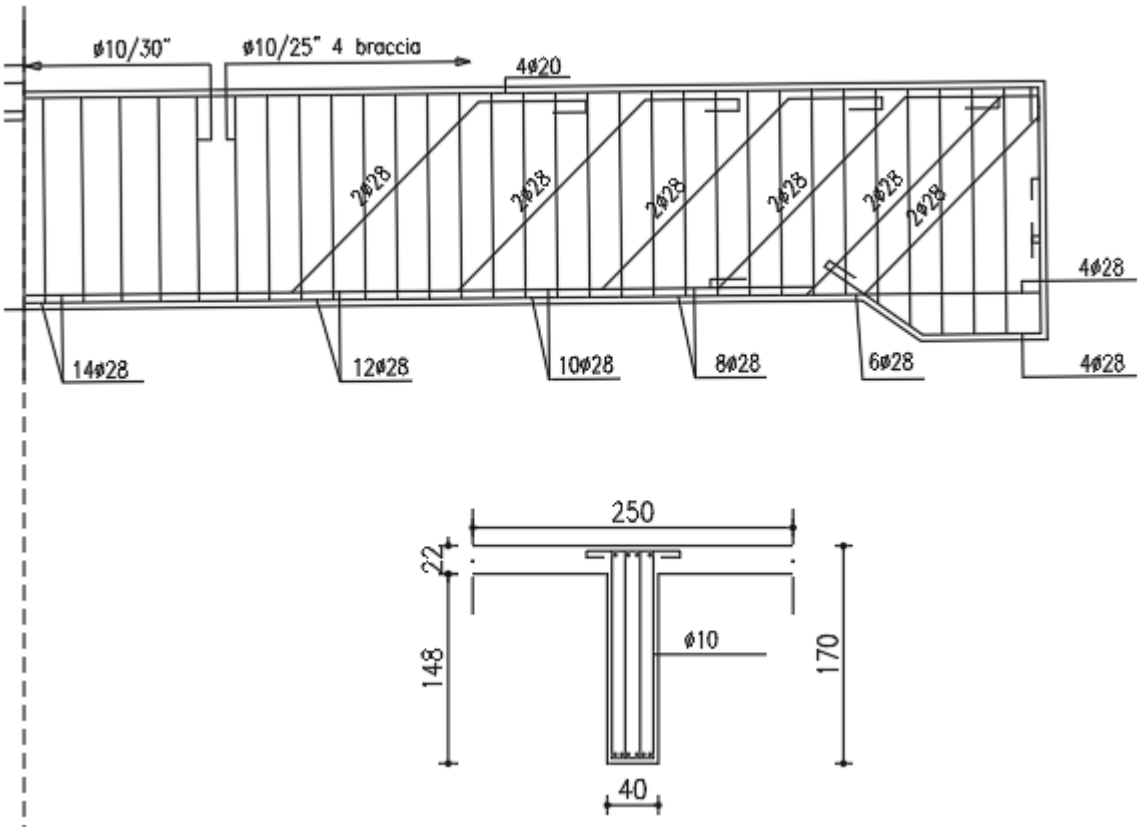
Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	ε_c	ε_a	Sd/Su	Verif.
	daN	daN cm	daN cm		daN	daN cm	daN cm	%	%		
27	-11632.6	-819115.4	0.0	P	-103040.9	-7255703.0	0.0	0.339	2.000	0.110	OK

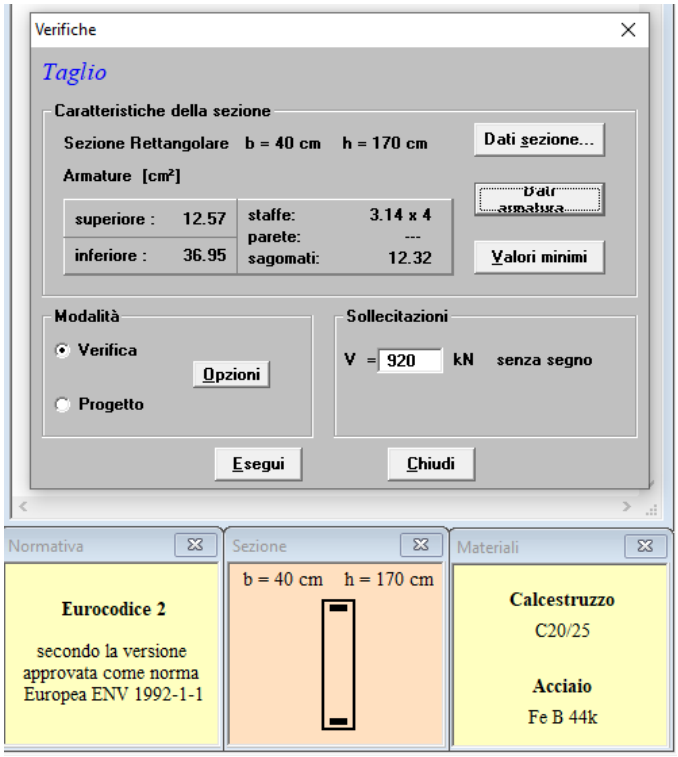
5	-11668.8	-573874.1	0.0	M	-204141.5	-575186.1	0.0	0.033	2.000	0.060	OK
27	-11632.6	-819115.4	0.0	N	-11632.5	-11289290.0	0.0	0.350	1.110	0.070	OK

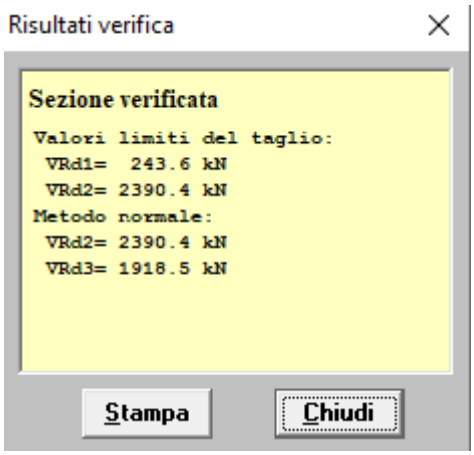
Trave principale in c.a.



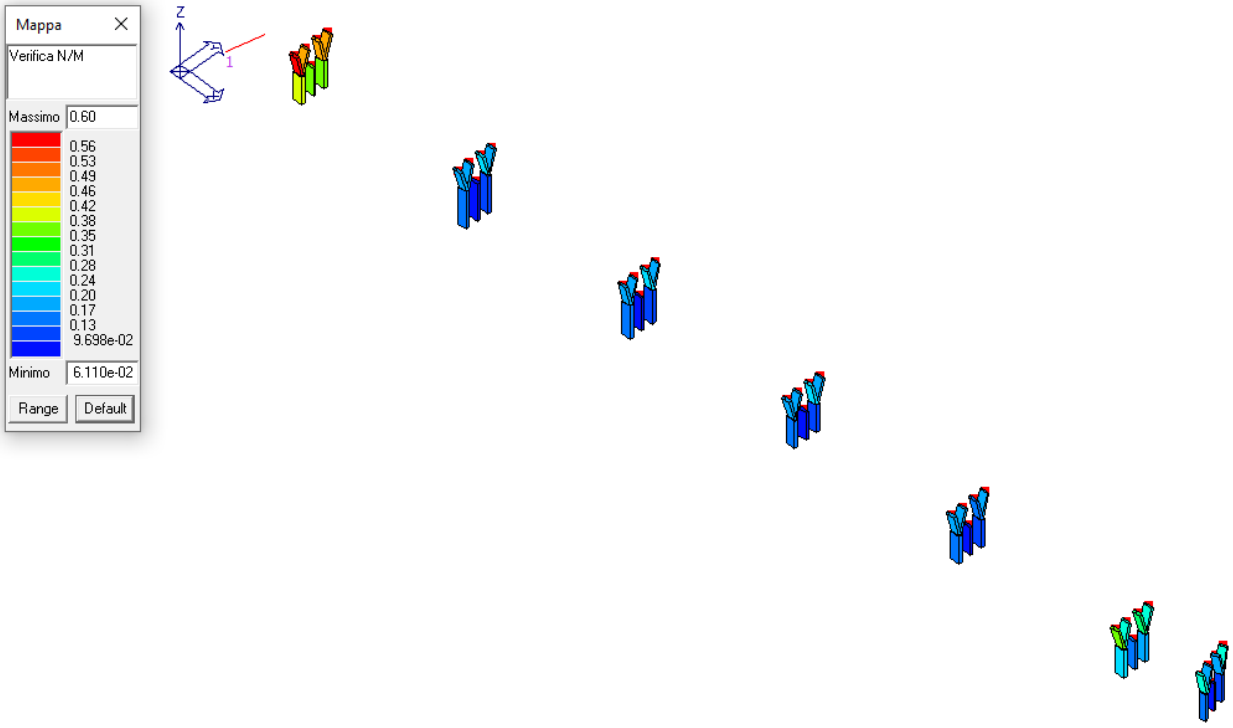

Mappa
Taglio 2 [kN]
Massimo 903.71
782.08
660.46
538.83
417.21
295.59
173.96
52.34
-69.29
-190.91
-312.53
-434.16
-555.78
-677.40
-799.03
Minimo -920.65
Range
Default

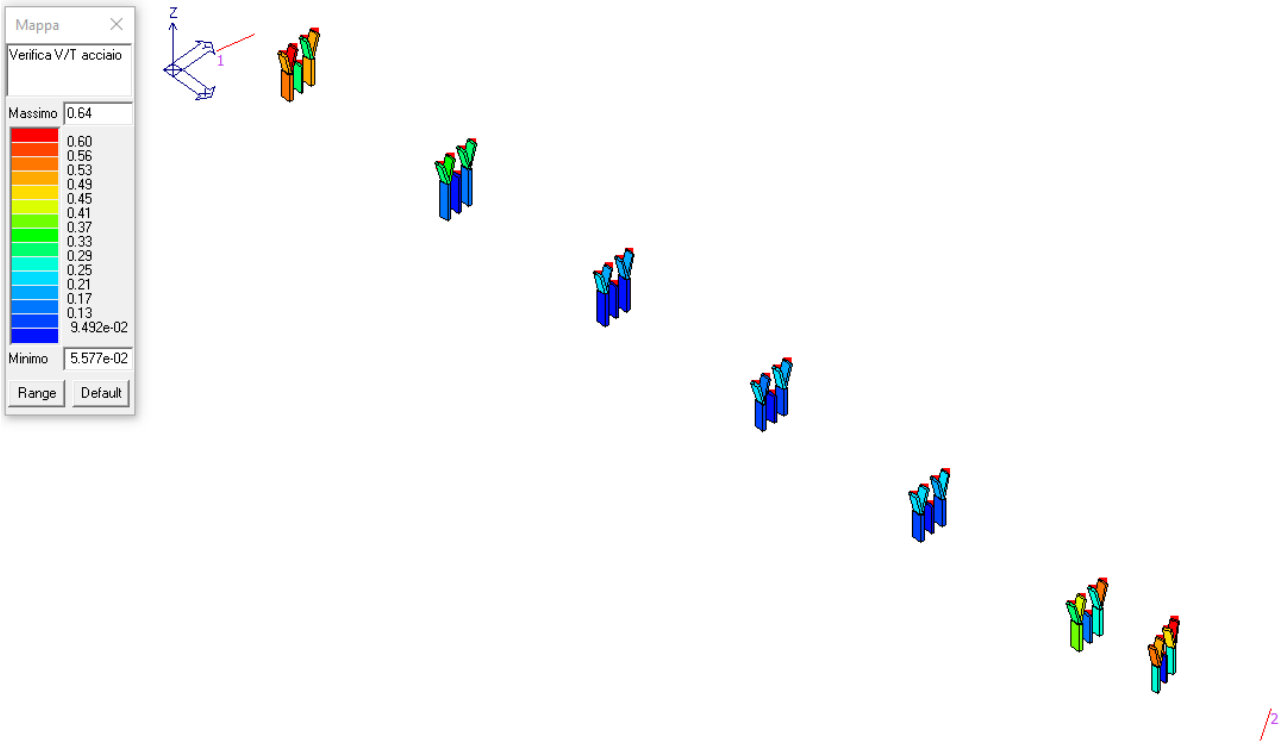

ø10/30"
ø10/25" 4 braccia
4ø20
2ø28
2ø28
2ø28
2ø28
2ø28
2ø28
4ø28
14ø28
12ø28
10ø28
8ø28
6ø28
4ø28
250
22
148
ø10
170
40

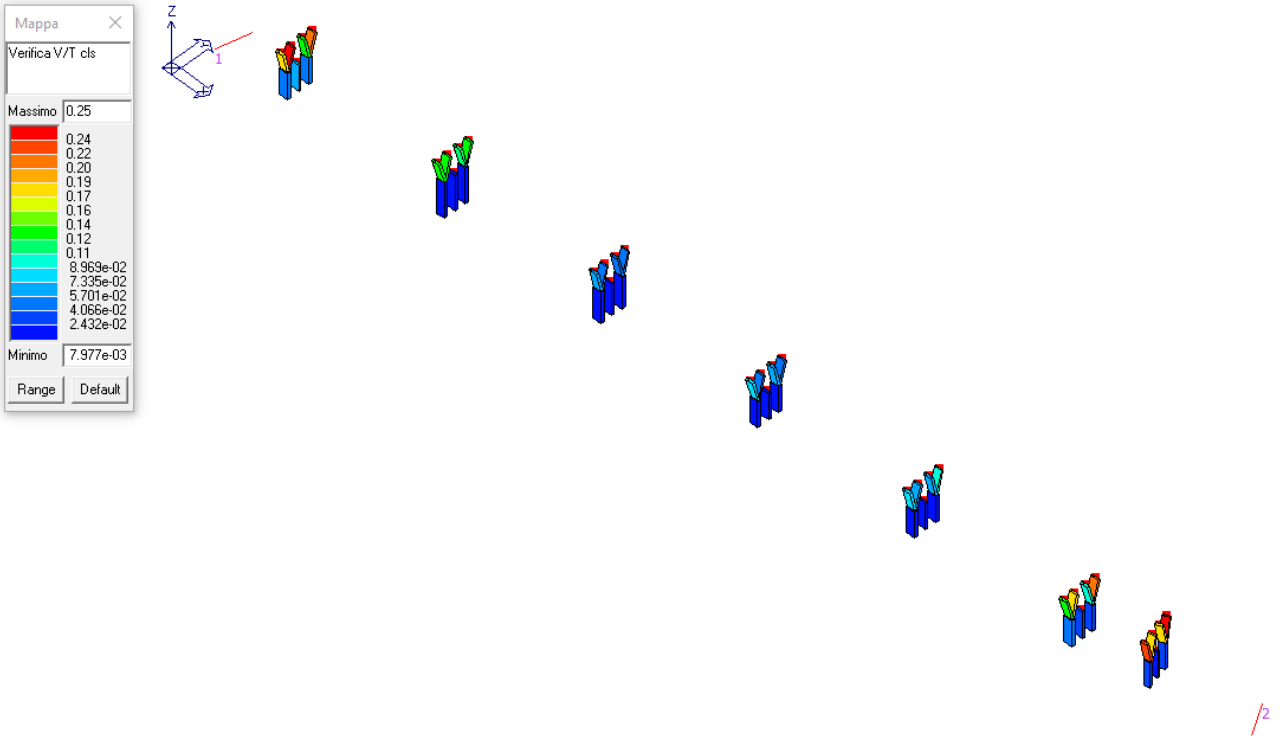




Verifica Pile




Mappa
Verifica V/T acciaio
Massimo 0.64
0.60
0.56
0.53
0.49
0.45
0.41
0.37
0.33
0.29
0.25
0.21
0.17
0.13
9.492e-02
Minimo 5.577e-02
Range
Default
Z
1
2


Mappa
Verifica V/T cls
Massimo 0.25
0.24
0.22
0.20
0.19
0.17
0.16
0.14
0.12
0.11
8.969e-02
7.335e-02
5.701e-02
4.066e-02
2.432e-02
Minimo 7.977e-03
Range
Default
Z
1
2

VERIFICA SOLETTA CAMPATE IN C.A.P.

l,asse	2.5	m
l,netta	1.8	m
l,calcolo	2.15	m
α =	12	

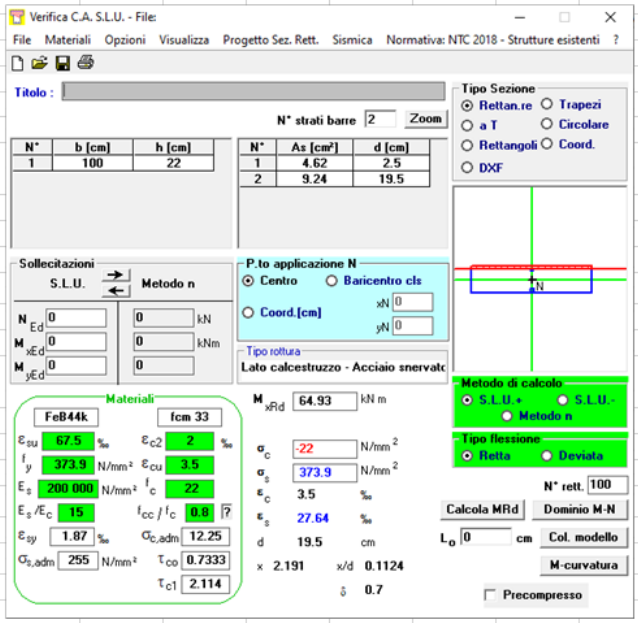
analisi dei carichi

	p.p. (kN/m3)	h (m)	L (m)	Pk (kN/m)	γ	**Pd (kN/m)**
Soletta	25	0.22	1	5.5	1.35	**7.425**
asfalto	20	0.15	1	3	1.5	**4.500**

$M_{m,ed}$ =	**4.594**	**kNm**

	Qk (kN)		lq (m)	Qk (kN/m)	γ	**Qd (kN/m)**
schema 2	200		1.17	170.9402	1.35	**230.8**

$M_{m,ed}$ =	**60.19**	**kNm**			
$M_{tot,ed}$ =	**64.79**	**kNm**	<	**64.93**	**kNm**
		VERIFICA SODDISFATTA			



fcd	21.33	MPa		
fyd	373.9	MPa		
bw	100	cm		
h	22	cm		
c	2.5	cm		
d	19.5	cm		
Asw	1.54	cm2		
s	22	cm		
alpha	45	°		
cotalpha	1			
theta	45	°		
cottheta	1			
alpha_c	1			
v	0.5			
VRsd	649.60	kN		
VRcd	1871.71	kN		
VRd	**649.60**	**kN**		
Ved	**147.82**	**kN**	**VERIFICA SODDISFATTA**	

VERIFICA SOLETTA CAMPATE IN C.A.

l,asse	2.49	m
l,netta	2.09	m
l,calcolo	2.29	m
α =	12	

analisi dei carichi

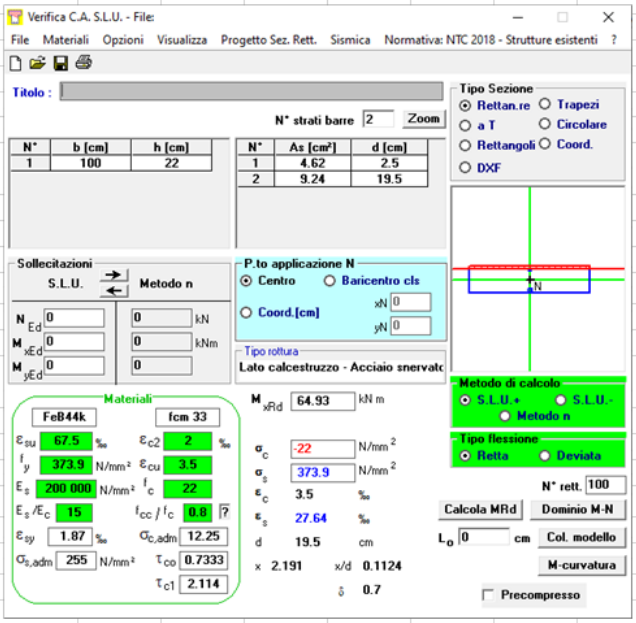
	p.p. (kN/m3)	h (m)	L (m)	Pk (kN/m)	γ	**Pd (kN/m)**
Soletta	25	0.22	1	5.5	1.35	**7.425**
asfalto	20	0.15	1	3	1.5	**4.500**

$M_{m,ed}$ =	**5.211**	**kNm**

	Qk (kN)		lq (m)	Qk (kN/m)	γ	**Qd (kN/m)**
schema 2	200		1.17	170.9402	1.35	**230.8**

$M_{m,ed}$ =	**65.58**	**kNm**			
$M_{tot,ed}$ =	**70.79**	**kNm**	>	**64.93**	**kNm**

VERIFICA NON SODDISFATTA



fcd	21.33	MPa
fyd	373.9	MPa
bw	100	cm
h	22	cm
c	2.5	cm
d	19.5	cm
Asw	1.54	cm2
s	22	cm
alpha	45	°
cotalpha	1	
theta	45	°
cottheta	1	
alpha_c	1	
v	0.5	
VRsd	649.60	kN
VRcd	1871.71	kN
VRd	**649.60**	**kN**
VEd	**148.65**	**kN**

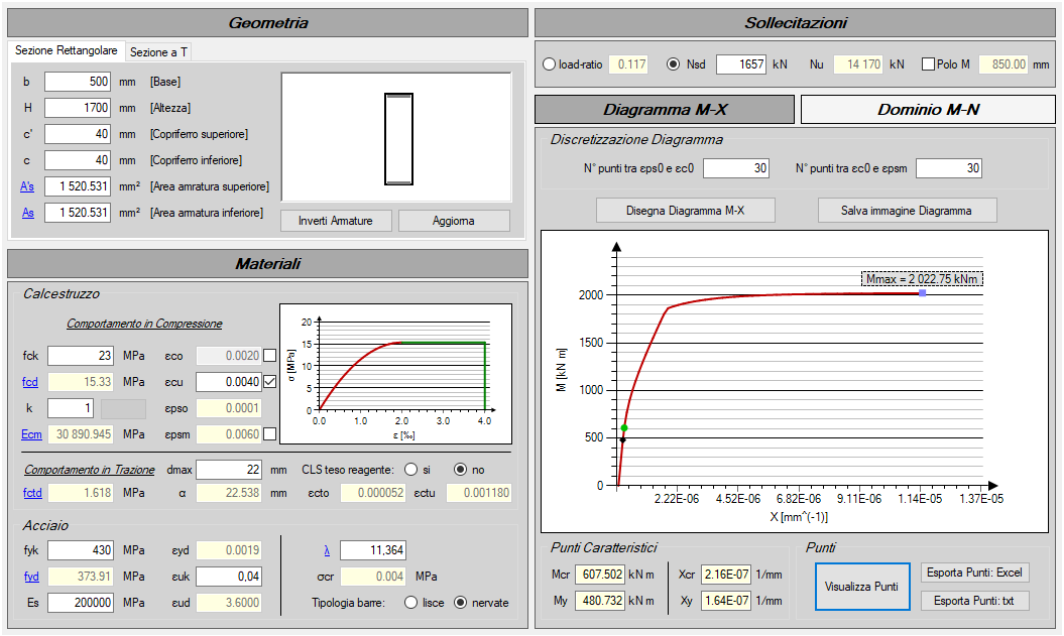
VERIFICA SODDISFATTA

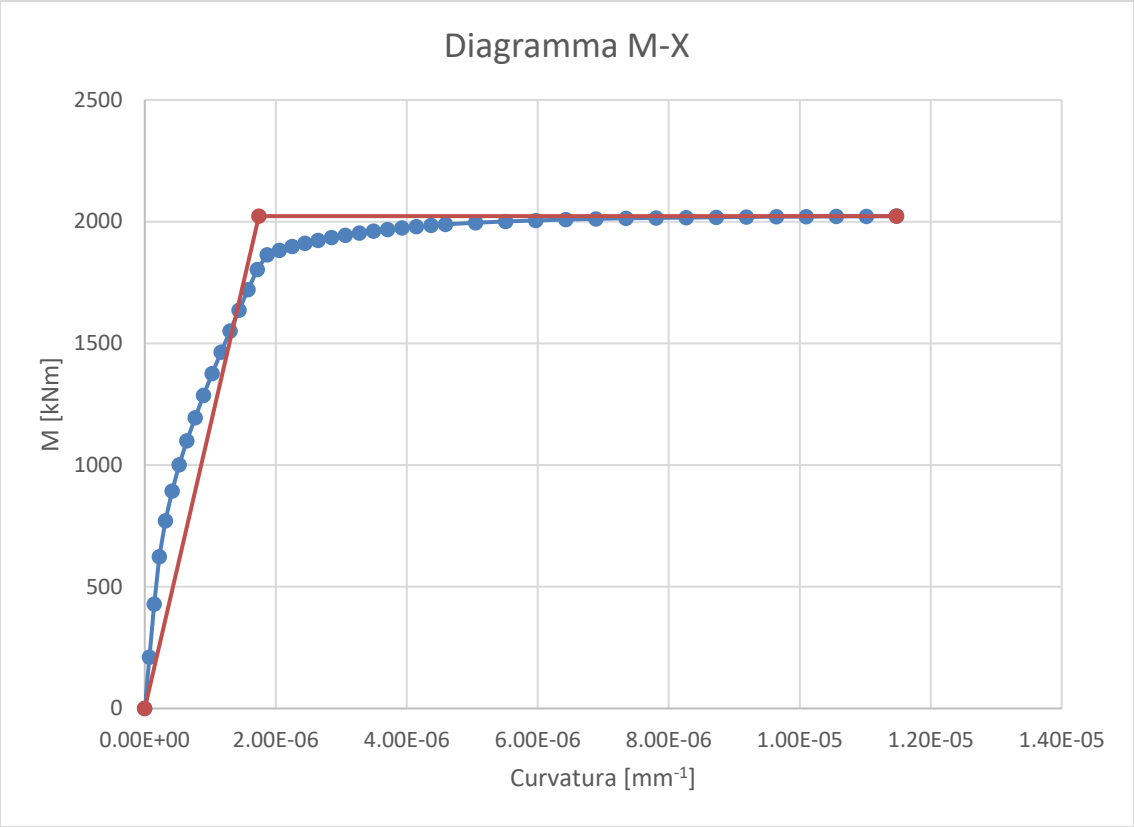
Verifiche preliminari SLV Ponte Secchia SP9 Stato di Fatto (Analsi statica Non Lineare Semplificata)

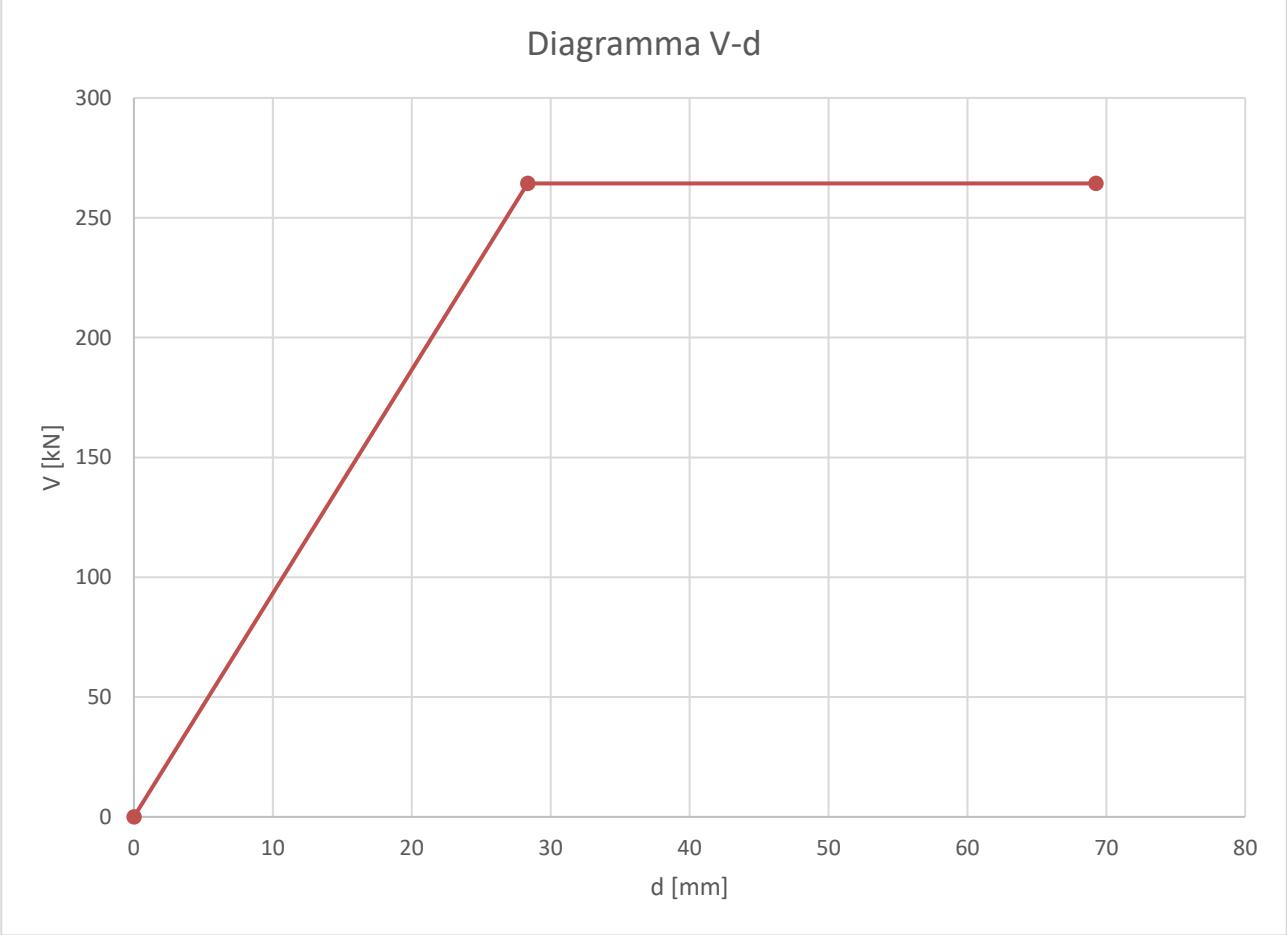
Vengono riportate di seguito le verifiche allo stato di fatto condotte sulle pile in c.a., utilizzando, in accordo al C8.8.5.3 della circolare alle NTC18, una analisi non lineare statica semplificata.

Verifica pila in direzione longitudinale al ponte (puntone in c.a.)

Caratteristiche del puntone in c.a.







VERIFICA DUTTILE - SLV (direzione longitudinale al ponte)

$M_{u,x}$ =	**2022.751**	**kN**	$\phi_y = 2\left(\phi_u - \frac{E}{M_u}\right)$			
$\phi_{y,x}$ =	**1.74E-06**	**mm-1**				
$\phi_{u,x}$ =	**1.15E-05**	**mm-1**				
H	7652.71	mm	7.6527	m		
l_p	570	mm	0.5700	m	$\delta_y = \frac{\phi_y H^2}{3v}$	
v	1.2					
δ_y	28.35	mm	0.0284	m	$\delta_u = \delta_y + (\phi_u - \phi_y) l_p \left(H - \frac{l_p}{2}\right)$	
δ_u	69.25	mm	0.0692	m		
$V_{y,C}$	264.318	kN	0			
$k_{puntone}$	9321.82	kN/m				
T	0.85	sec	>		Tc =	0.55 sec
$a_{g,SLV}$	4.50	m/sec2				
q	1.00		2.88			
$\delta_{x,D,el}$	**81.54**	**mm**	0.08	m		
$\delta_{x,D}$	**81.54**	**mm**	0.08	m		
$V_{x,D}$	264.3	kN				
$M_{x,D}$	2022.8	kNm				
$\delta_{x,C}$	**34.62**	**mm**				
$\delta_{x,D}/\delta_{x,C}$	**2.35**	>	1		Verifica non soddisfatta	

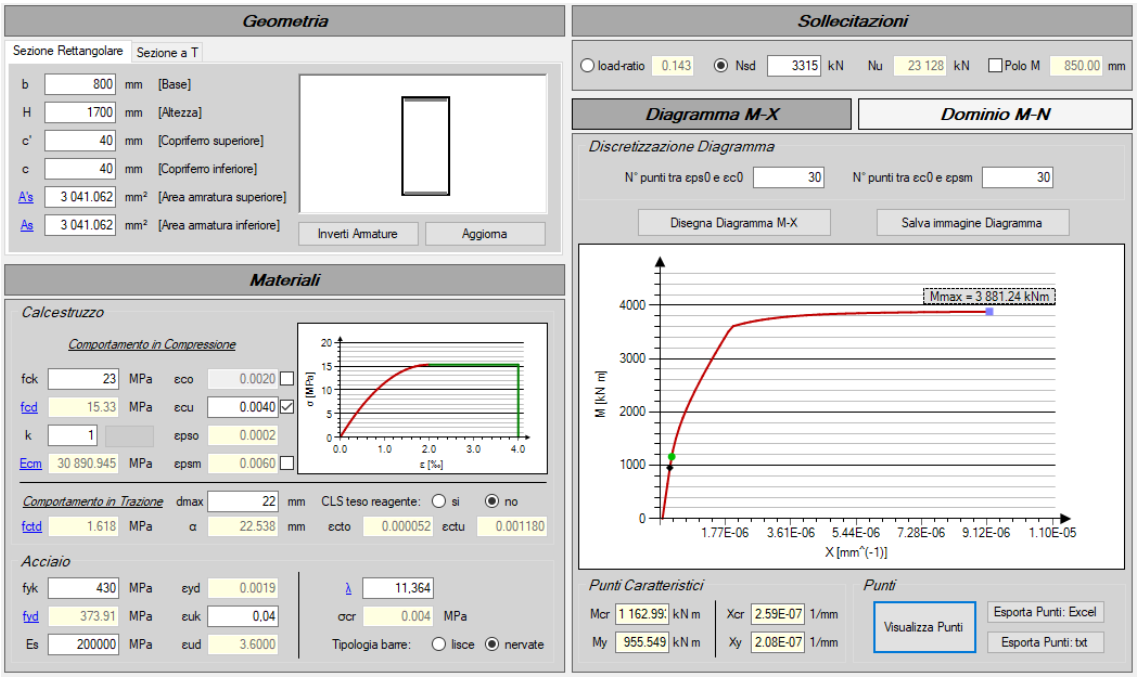
VERIFICA FRAGILE - SLV (direzione longitudinale al ponte)				
h =	1.7	m		altezza sezione
b =	0.5	m		base sezione
c =	0.04	m		copriferro
L_v =	7.65	m		lunghezza di taglio
x =	0.375	m		profondità asse neutro
A_c =	0.6804	m		area sezione (confinata)
f_{cd} =	15	Mpa		Resistenza compressione cls
f_{yd} =	373.91	Mpa		Resistenza acciaio
arm long	14	n°		
	22	mm		Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.63%	>	0.50%	percentuale armatura
staffe	2	bracci		
	8	mm		
passo	0.22	m		
A_{sw} /p =	456.73	mm2/m		Armatura trasversale

N =	1657.5	<	5613.3	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$	1.88				duttilità richiesta
V_N =	143.491	kN			
V_C =	66.888	kN			
V_W =	276.655	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{x,c}$ =	**389.627**	**kN**			
$V_{x,D}\backslash V_{x,c}$	**0.68**	<	1	Verifica soddisfatta	

VERIFICA FRAGILE - SLV base (direzione longitudinale al ponte)					
h =	1.7	m			altezza sezione
b =	0.8	m			base sezione
c =	0.04	m			copriferro
L_v =	0.50	m			lunghezza di taglio
x =	0.375	m			profondità asse neutro
A_c =	1.1664	m			area sezione (confinata)
f_{cd} =	15	Mpa			Resistenza compressione cls
f_{yd} =	373.91	Mpa			Resistenza acciaio
arm long	28	n°			
	22	mm			Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.78%	>	0.50%		percentuale armatura
staffe	4	bracci			
	8	mm			
passo	0.22	m			
A_{sw} /p =	913.45	mm2/m			Armatura trasversale
N =	3295	<	9622.8	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$	1.88				duttilità richiesta
V_N =	4365.875	kN			
V_C =	488.137	kN			
V_W =	553.311	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{x,c}$ =	**4325.858**	**kN**			
$V_{x,D}$ =	**660.795**	**kN**			
$V_{X,D}\backslash V_{x,c}$	**0.15**	<	1	Verifica soddisfatta	

Verifica pila in direzione longitudinale al ponte (puntone in c.a.)

Caratteristiche della base del puntone in c.a.


Geometria
Sezione Rettangolare
Sezione a T
b 800 mm [Base]
H 1700 mm [Altezza]
c' 40 mm [Copriferro superiore]
c 40 mm [Copriferro inferiore]
A's 3 041.062 mm² [Area amratura superiore]
As 3 041.062 mm² [Area armatura inferiore]
Inverti Armature
Aggiorna
Materiali
Calcestruzzo
Comportamento in Compressione
fck 23 MPa εco 0.0020
fcd 15.33 MPa εcu 0.0040
k 1 εpso 0.0002
Ecm 30 890.945 MPa εpsm 0.0060
σ [MPa]
ε [‰]
Comportamento in Trazione dmax 22 mm CLS teso reagente: si no
fctd 1.618 MPa α 22.538 mm εcto 0.000052 εctu 0.001180
Acciaio
fyk 430 MPa εyd 0.0019
fyd 373.91 MPa εuk 0.04
Es 200000 MPa εud 3.6000
λ 11,364
σcr 0.004 MPa
Tipologia barre: lisce nervate
Sollecitazioni
load-ratio 0.143 Nsd 3315 kN Nu 23 128 kN Polo M 850.00 mm
Diagramma M-X
Dominio M-N
Discretizzazione Diagramma
N° punti tra eps0 e εc0 30
N° punti tra εc0 e εpsm 30
Disegna Diagramma M-X
Salva immagine Diagramma
Mmax = 3 881.24 kNm
M [kN m]
X [mm^(-1)]
Punti Caratteristici
Mcr 1 162.99 kN m Xcr 2.59E-07 1/mm
My 955.549 kN m Xy 2.08E-07 1/mm
Punti
Visualizza Punti
Esporta Punti: Excel
Esporta Punti: txt

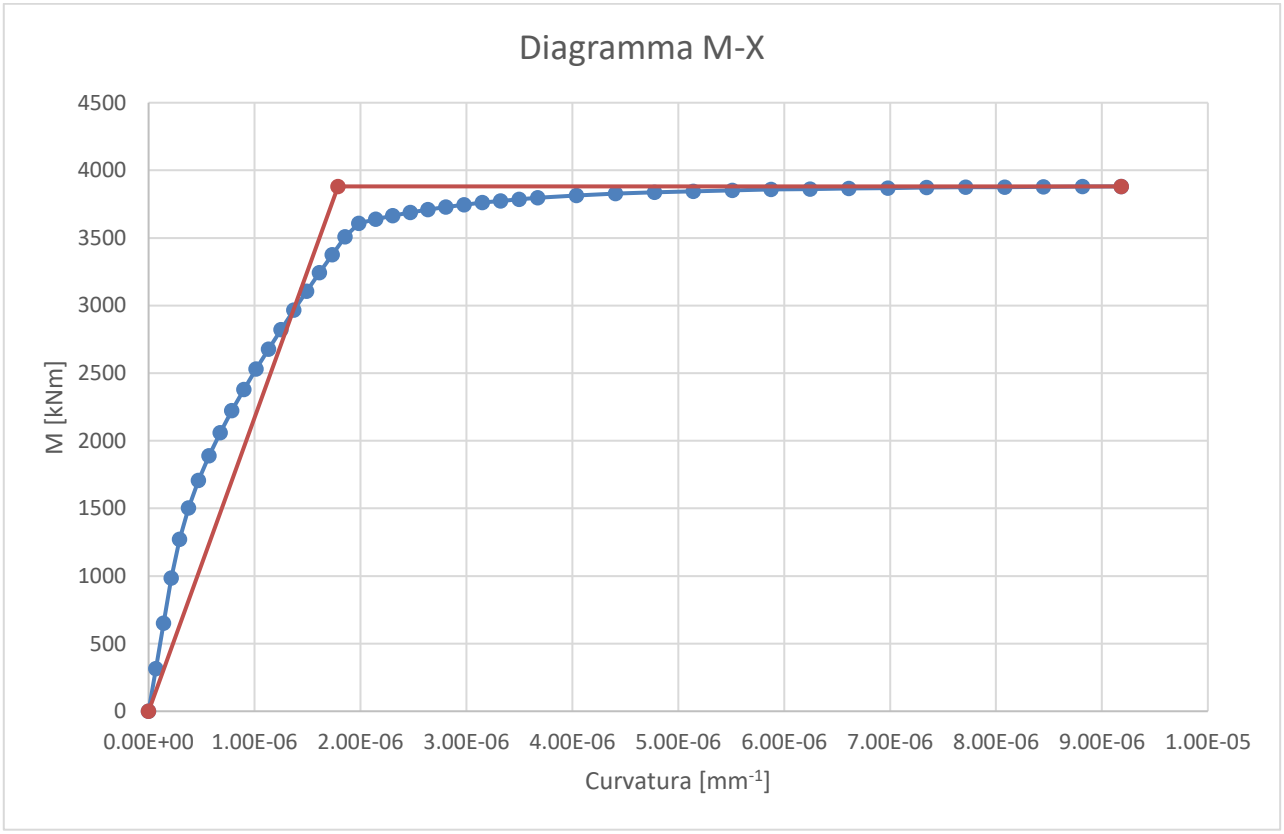
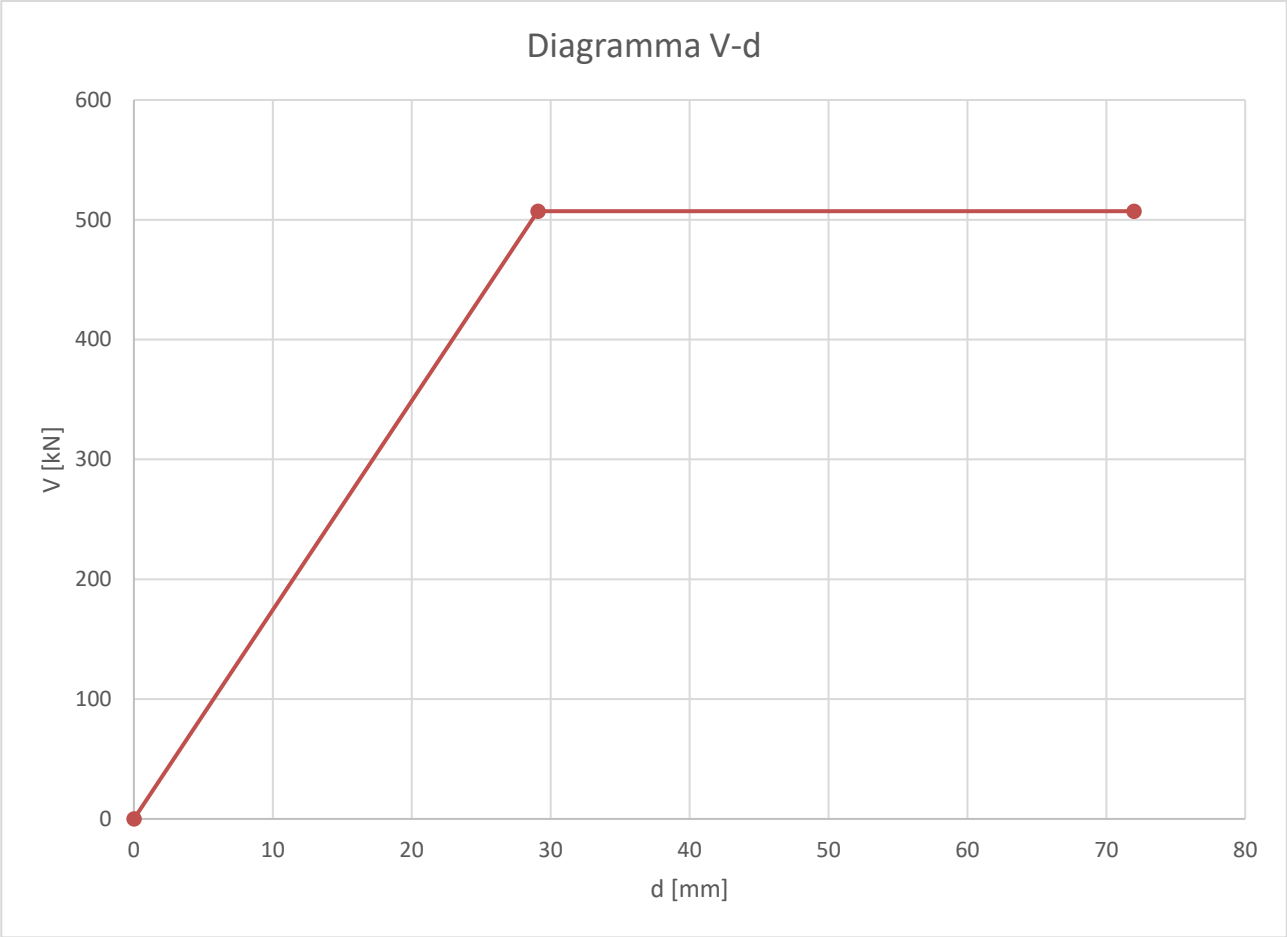


Diagramma M-X
M [kNm]
Curvatura [mm-1]
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
0.00E+00
1.00E-06
2.00E-06
3.00E-06
4.00E-06
5.00E-06
6.00E-06
7.00E-06
8.00E-06
9.00E-06
1.00E-05

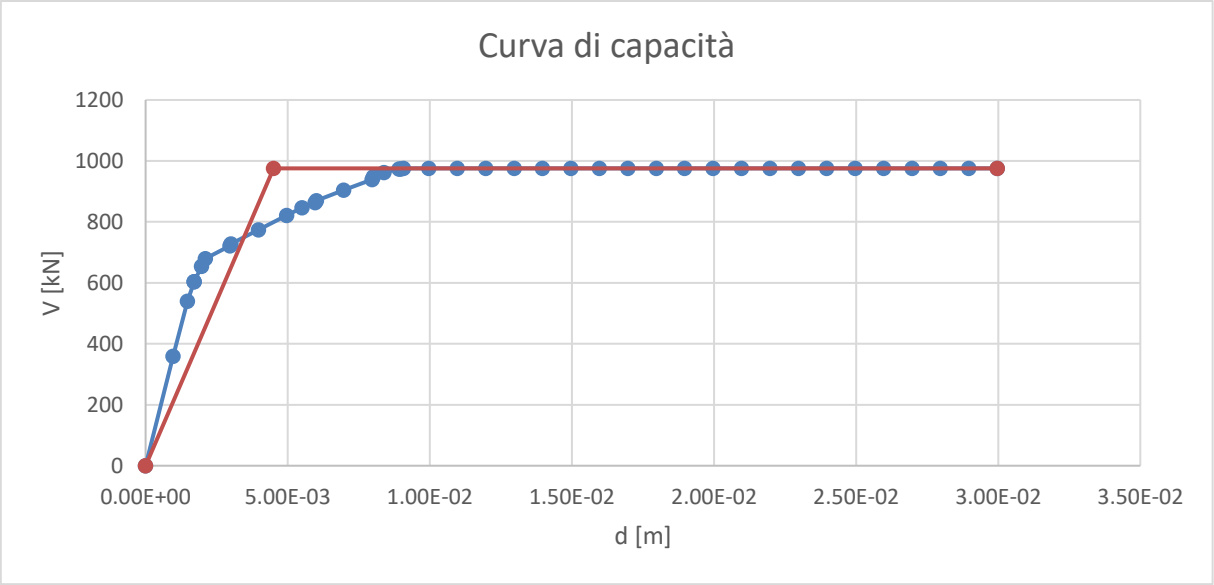


VERIFICA DUTTILE - SLV (direzione longitudinale al ponte)					
$M_{u,x}$ =	**3881.239**	**kN**	$\phi_y = 2\left(\phi_u - \frac{E}{M_u}\right)$		
$\phi_{y,x}$ =	**1.79E-06**	**mm-1**			
$\phi_{u,x}$ =	**9.18E-06**	**mm-1**			
H	7652.71	mm	7.6527	m	
l_p	800	mm	0.8000	m	$\delta_y = \frac{\phi_y H^2}{3v}$
v	1.2				
δ_y	29.08	mm	0.0291	m	$\delta_u = \delta_y + (\phi_u - \phi_y) l_p \left(H - \frac{l_p}{2}\right)$
δ_u	71.99	mm	0.0720	m	
$V_{y,C}$	507.172	kN	0		
$k_{puntone}$	17442.62	kN/m			
T	0.87	sec	>	Tc =	0.55 sec
$a_{g,SLV}$	4.36	m/sec2			
q	1.00				

$\delta_{x,D,el}$	**84.30**	**mm**		0.08	m
$\delta_{x,D}$	**84.30**	**mm**		0.08	m
$V_{x,D}$	507.2	kN			
$M_{x,D}$	3881.2	kNm			
$\delta_{x,C}$	**36.00**	**mm**			
$\delta_{x,D}/\delta_{x,C}$	**2.34**	>	1	Verifica non soddisfatta	

VERIFICA FRAGILE - SLV (direzione longitudinale al ponte)					
h =	1.7	m			altezza sezione
b =	0.8	m			base sezione
c =	0.04	m			copriferro
L_v =	7.65	m			lunghezza di taglio
x =	0.375	m			profondità asse neutro
A_c =	1.1664	m			area sezione (confinata)
f_{cd} =	15	Mpa			Resistenza compressione cls
f_{yd} =	373.91	Mpa			Resistenza acciaio
arm long	28	n°			
	22	mm			Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.78%	>	0.50%		percentuale armatura
staffe	4	bracci			
	8	mm			
passo	0.22	m			
A_{sw} /p =	913.45	mm2/m			Armatura trasversale
N =	3315	<	9622.8	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$	1.90				duttilità richiesta
V_N =	286.981	kN			
V_C =	143.146	kN			
V_W =	553.311	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{x,C}$ =	**786.750**	**kN**			
$V_{x,D}\backslash V_{x,C}$	**0.64**	<	1	Verifica soddisfatta	

Verifica pila in direzione trasversale al ponte



VERIFICA DUTTILE - SLV (direzione trasversale al ponte)						
V_y =	**975.538**	**kN**	0			
d_y =	**4.50E-03**	**m**	0			
d_u =	**3.00E-02**	**m**				
k =	2.17E+05	**kN/m**				
T	0.35	sec	<	Tc =	0.55	sec
$a_{g,SLV}$	6.87	m/sec2				
q	4.76					
$\delta_{y,D,el}$	**21.40**	**mm**	0.021	m		
$\delta_{y,D}$	**31.20**	**mm**	0.031	m		
$\delta_{y,C}$	**14.99**	**mm**				
$\delta_{y,D}/\delta_{y,C}$	**2.08**	>	1	Verifica non soddisfatta		

VERIFICA FRAGILE - SLV (direzione trasversale al ponte)			
h =	0.5	m	altezza sezione
b =	1.7	m	base sezione
c =	0.04	m	copriferro
L_v =	7.64	m	lunghezza di taglio
x =	0.4	m	profondità asse neutro
A_c =	0.6804	m	area sezione (confinata)
f_{cd} =	10	Mpa	Resistenza compressione cls

f_{yd} =	373.91	Mpa			Resistenza acciaio
arm long	14	n°			
	22	mm			Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.63%	>	0.50%		percentuale armatura
staffe	5	bracci			
	8	mm			
passo	0.22	m			
A_{sw} /p =	1141.82	mm2/m			Armatura trasversale
N =	2400	<	3742.2	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$	5.94				duttilità richiesta
V_N =	15.707	kN			
V_C =	32.315	kN			
V_W =	179.314	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{y,c}$ =	**181.868**	**kN**			
$V_{y,d}$ =	**184.800**	**kN**			
$V_{Y,D}\backslash V_{y,c}$	**1.02**	>	1		Verifica non soddisfatta

VERIFICA FRAGILE - SLV (Pulvino) (direzione trasversale al ponte)					
h =	0.6	m			altezza sezione
b =	1.7	m			base sezione
c =	0.04	m			copriferro
L_v =	2.00	m			lunghezza di taglio
x =	0.4	m			profondità asse neutro
A_c =	0.8424	m			area sezione (confinata)
f_{cd} =	15	Mpa			Resistenza compressione cls
f_{yd} =	373.91	Mpa			Resistenza acciaio
arm long	14	n°			
	22	mm			Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.52%	>	0.50%		percentuale armatura
staffe		bracci			
		mm			
passo	0.25	m			
A_{sw} /p =	1232.00	mm2/m			Armatura trasversale
N =	478	<	6949.8	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$					duttilità richiesta
V_N =	23.900	kN			
V_C =	95.278	kN			
V_W =	239.542	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{y,c}$ =	**286.976**	**kN**			

$V_{y,d}$ =	**622.900**	**kN**		
$V_{y,D} \backslash V_{y,C}$	**2.17**	>	1	Verifica non soddisfatta

Verifica fusto della pila

Verifica a pressoflessione fusto pila - SLV				
$N_{Ed,sup}$ =	6927.5	kN		
A_{fusto} =	8.15	m2		
H_{fusto} =	7.86	m		
$N_{Ed,fusto}$ =	1601.475	kN		
N_{Ed} =	**8528.975**	kN		
Direzione longitudinale al ponte				
$M_{Ed,SLVx,sup}$ =	7762.478	KNm		
$V_{Ed,SLVx,sup}$ =	1014.343	kN		
$V_{Ed,SLVx,fusto}$ =	367.5633	kN		
$V_{Ed,SLVx}$ =	**1381.906**	**kN**		
$M_{Ed,SLVx,fusto}$ =	10861.78	kNm		
$M_{Ed,SLVx}$ =	**18624.26**	**kNm**		
$M_{Rd,x}$ =	**21562**	**KNm**		
$M_{Ed,SLVx} \backslash M_{Rd,x}$ =	**0.86**	<	1	Verifica soddisfatta
Direzione trasversale al ponte				
$M_{Ed,SLVy,sup}$ =	2171.8	KNm		
$V_{Ed,SLVy,sup}$ =	975	kN		
$V_{Ed,SLVy,fusto}$ =	1121.899	kN		
$V_{Ed,SLVy}$ =	**2096.899**	**kN**		
$M_{Ed,SLVy,fusto}$ =	16481.63	kNm		
$M_{Ed,SLVy}$ =	**18653.43**	**kNm**		
$M_{Rd,y}$ =	**74866**	**KNm**		
$M_{Ed,SLVy} \backslash M_{Rd,y}$ =	**0.25**	<	1	Verifica soddisfatta
Verifica combinata				
$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	0.90	<	1	Verifica soddisfatta
$1/\rho_{tot}$	1.11	Vulnerabilità		

VERIFICA FRAGILE - SLV (direzione longitudinale al ponte)			
h =	2.2	m	altezza sezione

b =	2.1	m			base sezione
c =	0.04	m			copriferro
L_v =	7.86	m			lunghezza di taglio
x =	0.11	m			profondità asse neutro
A_c =	4.2824	m			area sezione (confinata)
f_{cd} =	26.67	Mpa			Resistenza compressione cls
f_{yd} =	373.91	Mpa			Resistenza acciaio
arm long	46	n°			
	24	mm			Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.45%	FALSO	0.50%		percentuale armatura
staffe	6	bracci			
	8	mm			
passo	0.24	m			
A_{sw} /p =	1256.00	mm2/m			Armatura trasversale
N =	8528.975	<	62816.38	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$					duttilità richiesta
V_N =	1133.941	kN			
V_C =	568.411	kN			
V_W =	995.618	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{x,c}$ =	**2158.376**	**kN**			
$V_{x,D} \backslash V_{x,c}$	**0.64**	<	1		Verifica soddisfatta

VERIFICA FRAGILE - SLV (direzione trasversale al ponte)					
h =	8.75	m			altezza sezione
b =	0.5	m			base sezione
c =	0.04	m			copriferro
L_v =	7.86	m			lunghezza di taglio
x =	0.11	m			profondità asse neutro
A_c =	3.6414	m			area sezione (confinata)
f_{cd} =	26.67	Mpa			Resistenza compressione cls
f_{yd} =	373.91	Mpa			Resistenza acciaio
arm long		n°			
		mm			Armatura longitudinale
ρ_{tot} =	0.00%	FALSO	0.50%		percentuale armatura
staffe	2	bracci			
	6	mm			
passo	0.5	m			
A_{sw} /p =	113.04	mm2/m			Armatura trasversale
N =	8528.975	<	53413.88	kN	Sforzo normale
$\mu_{\Delta,pl}$					duttilità richiesta

V_N =	4687.681	kN			
V_C =	966.149	kN			
V_W =	366.453	kN			
γ_{el} =	1.25				coefficiente di sicurezza
$V_{x,c}$ =	**4816.226**	**kN**			
$V_{x,D} \backslash V_{x,C}$	**0.44**		<	1	Verifica soddisfatta
$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	0.77		<	1	Verifica soddisfatta
$1/\rho_{tot}$	1.29	Vulnerabilità			

Verifica pali

Capacità portante verticale pali - SLV		
Dpalo =	1	m
Lpalo =	12	m
NEd,palo =	235.5	kN
$N_{Ed,fusto}$ =	8528.975	kN
$N_{Ed,base}$ =	1720	kN
N_{Ed} =	**10248.975**	kN
$M_{Ed,SLVx}$ =	**18624.26**	**kNm**
$N_{Edx,comp}$ =	3673.19	kN
$N_{Edx,traz}$ =	-663.78	kN
$N_{Rdx,comp}$ =	4097.50	kN
$N_{Rdx,traz}$ =	-462.60	kN
$N_{Ed,x,comp} \backslash N_{Rd,x,comp}$ =	**0.90**	
$N_{Ed,x,traz} \backslash N_{Rd,x,traz}$ =	**1.43**	
$M_{Ed,SLVy}$ =	**18653.43**	**kNm**
$N_{Edy,comp}$ =	2798.25	kN
$N_{Edy,traz}$ =		kN
$N_{Rdy,comp}$ =	4097.50	kN
$NRd_{y,traz}$ =	-462.60	kN
$N_{Ed,y,comp} \backslash N_{Rd,y,comp}$ =	**0.68**	
$N_{Ed,y,traz} \backslash N_{Rd,y,traz}$ =	**0.00**	
$\rho_{tot,comp} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	**1.13**	
$1/\rho_{tot,comp}$	**0.89**	Vulnerabilità

$\rho_{tot,traz} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	**1.43**	
$1/\rho_{tot,traz}$	**0.70**	Vulnerabilità
Capacità portante orizzontale pali - SLV		
$V_{Ed,SLVx}$ =	1381.91	kN
$V_{Ed,SLVy}$ =	2096.90	kN
$V_{Ed,SLV}$ =	**2511.30**	**kN**
n° pali =	8.00	
$V_{Ed,SLV,palo}$ =	**313.91**	**kN**
$N_{Edx,comp}$ =	3673.19	kN
$V_{Rd,SLV,palo,\ comp}$ =	**733.37**	**kN**
$1/\rho_{tot,V,comp}$	**2.34**	Vulnerabilità
$N_{Edx,traz}$ =	-663.78	kN
$V_{Rd,SLV,palo,\ traz}$ =	**149.78**	**kN**
$1/\rho_{tot,V,traz}$	**0.48**	Vulnerabilità

Taglio resistente sezione circolare armata (metodo di CLARKE-BIRJANDI 1993)		
Dati		
D	100 cm	*Diametro sezione circolare*
d' =	6 cm	*Copriferro asse armatura longitudinale*
f_{ck}=	25.00 N/mm²	*Resistenza cilindrica caratteristica del cls*
α_{cc} =	1	*Coefficiente riduttivo per la resistenza del cls a lungo termine*
n=	2	*Numero di braccia delle staffe*
ϕ=	8 mm	*Diamero delle staffe*
p=	20 cm	*Passo delle staffe*
f_{yk} =	430 N/mm²	*Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio*
V_{Ed}=	**314 KN**	*Taglio di progetto*
Risultati		
r	50 cm	*Raggio sezione circolare*
r_s	44 cm	*Raggio sezione circolare utile*
sen(α)=	0.561	
α=	0.60 rad	*0<a<p/2 --> 0<a<1,57*
Av=	6573 cm²	*Area sezione circolare equivalente*
$b_{e=}$	**78 cm**	*Base sezione rettangolare equivalente*
$d_{e=}$	**84 cm**	*Altezza sezione rettangolare equivalente*

f_{cd} =	16.67 N/mm²	*Resistenza massima di calcolo del cls*
f_{yd} =	373.9 N/mm²	*Tensione di calcolo allo snervamento dell'acciaio*
A_{sw}=	5.02 cm²/m	*Area delle staffe per metro lineare di trave*
d=	78 cm	*Altezza sezione*
θ=	21.80 °	*Angolo di inclinazione del puntone di cls 21.8°<q=45°*
ctgθ=	2.50	*Cotangente di teta*
V_{Rds}=	330 KN	*Resistenza tiranti verticali (staffe)*
V_{Rdc}=	1579 KN	*Resistenza puntone di cls*
V_{Rd}=	**330 KN**	*Taglio resistente*
γ_{el} =	1.25	coefficiente di sicurezza
V_c=	**264 KN**	

Riepilogo Verifiche SLV – Stato di Fatto (Analisi statica NON lineare semplificata)

VERIFICA DUTTILE CAVALLETTI PILA						NON Verifica > 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$\delta_{x,C}$ (mm)	$\delta_{x,D}$ (mm)	$\rho_x = \delta_{x,D}/\delta_{x,C}$	$\delta_{y,C}$ (mm)	$\delta_{y,D}$ (mm)	$\rho_y = \delta_{y,D}/\delta_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
36.00	84.30	2.34	14.99	31.20	2.08	3.13	0.32

VERIFICA FRAGILE CAVALLETTI PILA (singolo puntone)						NON Verifica > 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$V_{x,C}$ (kN)	$V_{x,D}$ (kN)	$\rho_x = V_{x,D}/V_{x,C}$	$V_{y,C}$ (kN)	$V_{y,D}$ (kN)	$\rho_y = V_{y,D}/V_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
389.63	264.32	0.68	286.98	622.90	2.17	2.27	0.44

VERIFICA DUTTILE FUSTO PILA						Verifica < 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$M_{x,C}$ (kNm)	$M_{x,D}$ (kNm)	$\rho_x = M_{x,D}/M_{x,C}$	$M_{y,C}$ (kNm)	$M_{y,D}$ (kNm)	$\rho_y = M_{y,D}/M_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
21562.00	18624.26	0.86	74866.00	18653.43	0.25	0.90	1.11

VERIFICA FRAGILE FUSTO PILA						Verifica < 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$V_{x,C}$ (kN)	$V_{x,D}$ (kN)	$\rho_x = V_{x,D}/V_{x,C}$	$V_{y,C}$ (kN)	$V_{y,D}$ (kN)	$\rho_y = V_{y,D}/V_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
2158.38	1381.91	0.64	4816.23	2096.90	0.44	0.77	1.29

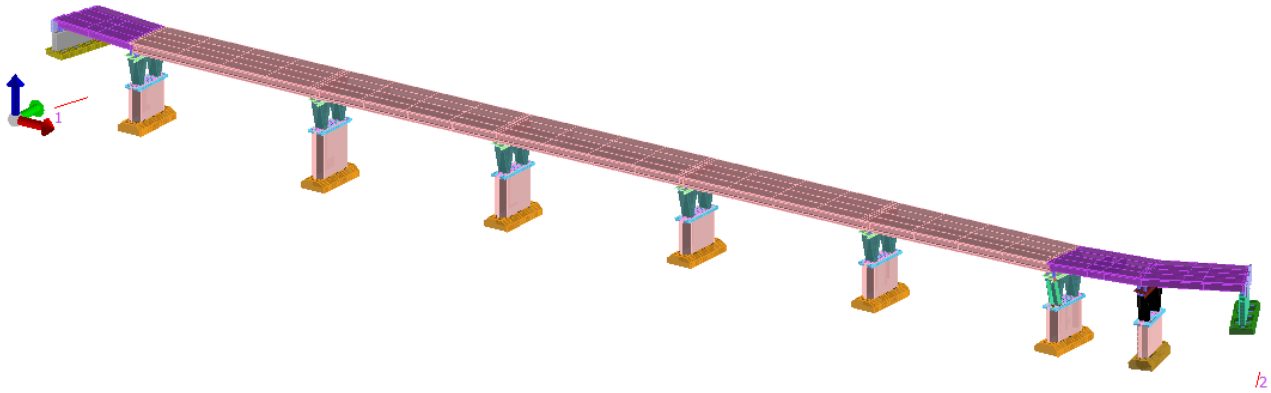
VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE PALI						NON Verifica > 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$N_{x,C}$ (kN)	$N_{x,D}$ (kN)	$\rho_x = N_{x,D}/N_{x,C}$	$N_{y,C}$ (kN)	$N_{y,D}$ (kN)	$\rho_y = N_{y,D}/N_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
4097.50	3673.19	0.90	4097.50	2798.25	0.68	1.13	0.89
-462.60	-663.78	1.43	-462.60	0.00	0.00	1.43	0.70

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE ORIZZONTALE PALI COMPRESSI						Verifica < 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$V_{x,C}$ (kN)	$V_{x,D}$ (kN)	$\rho_x = V_{x,D}/V_{x,C}$	$V_{y,C}$ (kN)	$V_{y,D}$ (kN)	$\rho_y = V_{y,D}/V_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
733.37	172.74	0.24	733.37	262.11	0.36	0.43	2.34

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE ORIZZONTALE PALI TESI						NON Verifica > 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$V_{x,C}$ (kN)	$V_{x,D}$ (kN)	$\rho_x = V_{x,D}/V_{x,C}$	$V_{y,C}$ (kN)	$V_{y,D}$ (kN)	$\rho_y = V_{y,D}/V_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
149.78	172.74	1.15	149.78	262.11	1.75	2.10	0.48

VERIFICA A TAGLIO PALI						NON Verifica > 1	Vulnerabilità
Longitudinale al ponte			Trasversale al ponte				
$V_{x,C}$ (kN)	$V_{x,D}$ (kN)	$\rho_x = V_{x,D}/V_{x,C}$	$V_{y,C}$ (kN)	$V_{y,D}$ (kN)	$\rho_y = V_{y,D}/V_{y,C}$	$\rho_{tot} = (\rho_x^2+\rho_y^2)^{½}$	$1/\rho_{tot}$
263.83	172.74	0.65	263.83	262.11	0.99	1.19	0.84

Verifiche preliminari SLV Ponte Secchia SP9

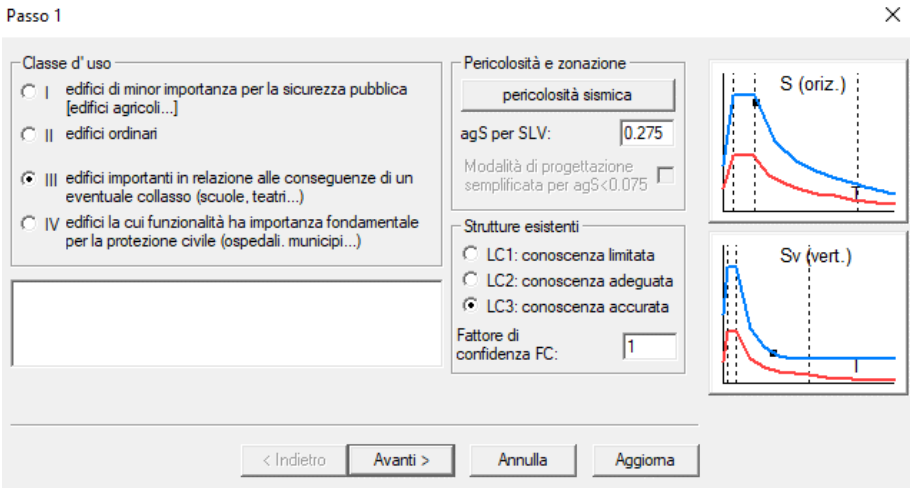


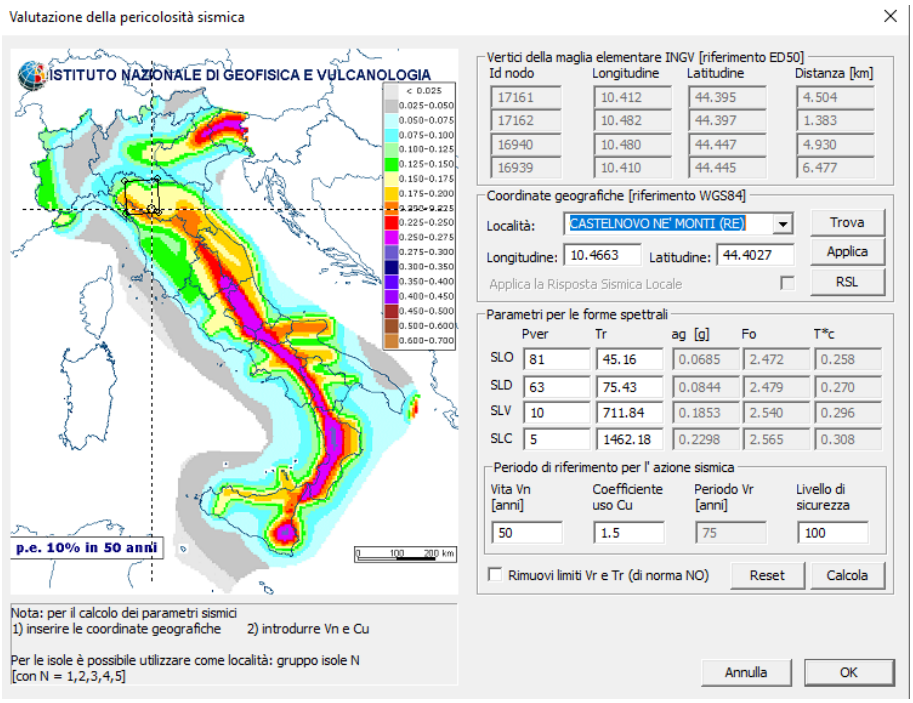
Modello FEM 3D incastrato alla base

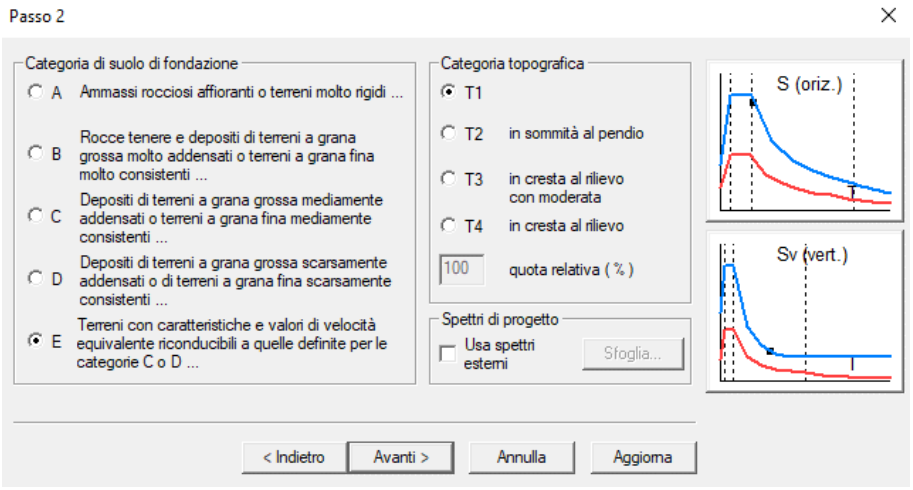
Si riporta di seguito il raffrontro preliminare tra l'analisi sismica condotta allo stato di fatto (travi con schema statico di appoggio-carrello ad ogni campata) e allo stato di progetto, ipotizzando in questo ultimo caso la realizzazione di una catena cinematica e l'inserimento di isolatori sismici per le campate rettilinee. Le analisi sono state condotte con approccio statico lineare, utilizzando un fattore di struttura q=1 e ipotizzando un incastro alla base. La vulnerabilità sismica è stata valutata sull'elemento debole del sistema strutturale, ovvero il puntone in c.a. dei cavalletti che compongono le pile.

ANALISI SLV STATO DI FATTO (SISTEMA NON ISOLATO)

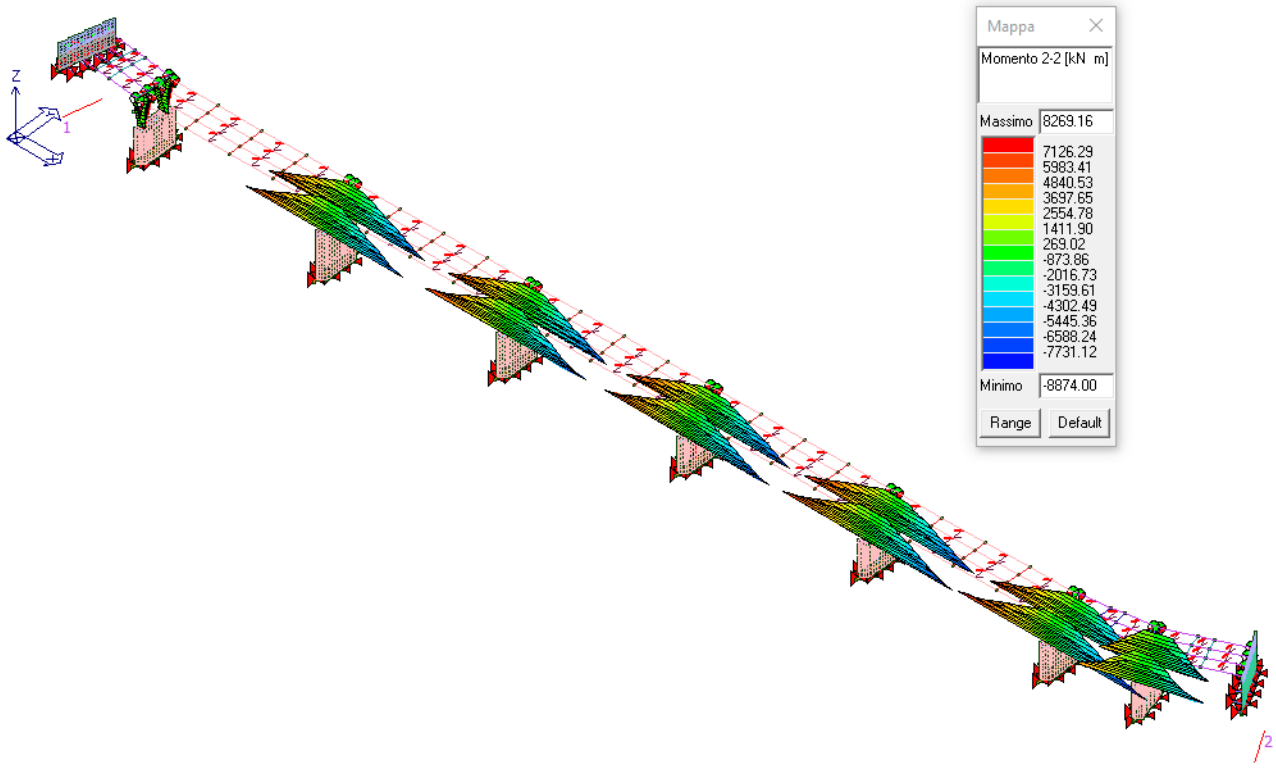
Azione sismica di riferimento:



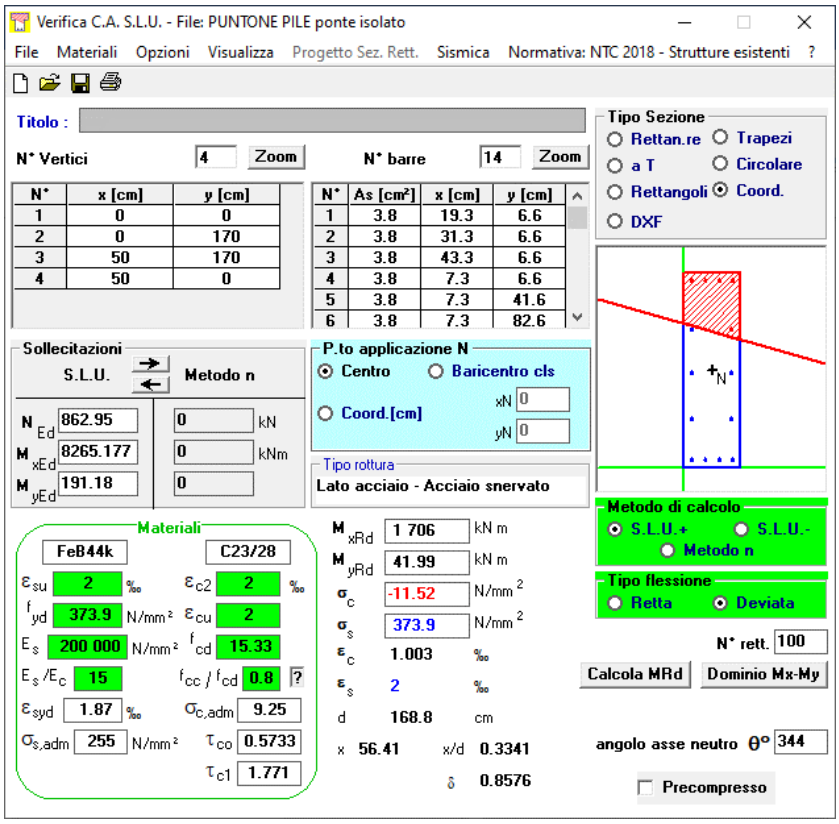

Valutazione della pericolosità sismica
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
p.e. 10% in 50 anni
Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]
Id nodo Longitudine Latitudine Distanza [km]
17161 10.412 44.395 4.504
17162 10.482 44.397 1.383
16940 10.480 44.447 4.930
16939 10.410 44.445 6.477
Coordinate geografiche [riferimento WGS84]
Località: CASTELNOVO NE' MONTI (RE)
Trova
Longitudine: 10.4663 Latitudine: 44.4027
Applica
Applica la Risposta Sismica Locale
RSL
Parametri per le forme spettrali
Pver Tr ag [g] Fo T*c
SLO 81 45.16 0.0685 2.472 0.258
SLD 63 75.43 0.0844 2.479 0.270
SLV 10 711.84 0.1853 2.540 0.296
SLC 5 1462.18 0.2298 2.565 0.308
Periodo di riferimento per l' azione sismica
Vita Vn [anni] Coefficiente uso Cu Periodo Vr [anni] Livello di sicurezza
50 1.5 75 100
Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)
Reset
Calcola
Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N
[con N = 1,2,3,4,5]
Annulla
OK

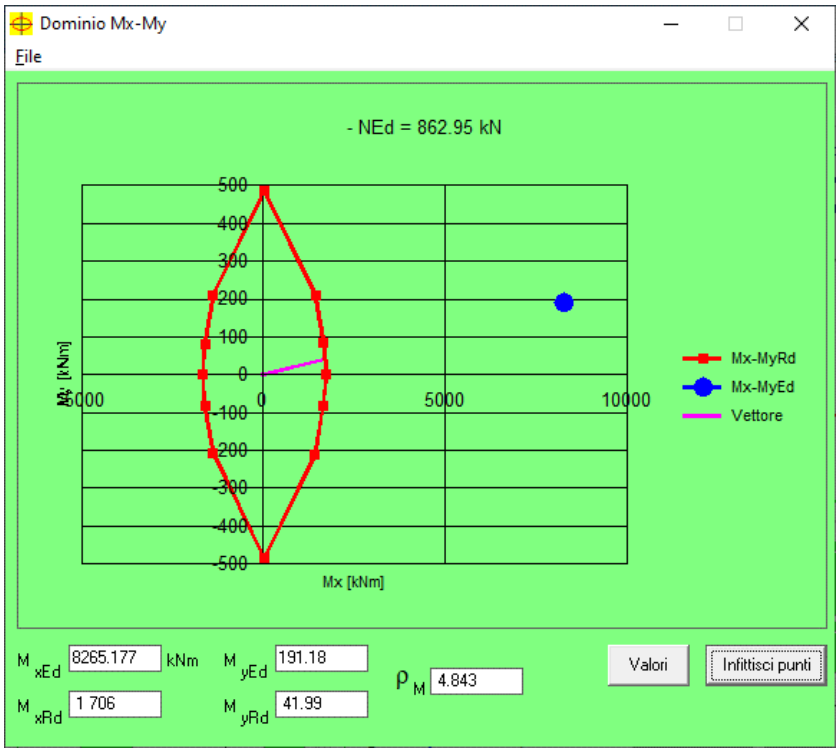

Passo 2
Categoria di suolo di fondazione
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ...
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ...
C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ...
D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ...
E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...
Categoria topografica
T1
T2 in sommità al pendio
T3 in cresta al rilievo con moderata
T4 in cresta al rilievo
100 quota relativa (%)
Spettri di progetto
Usa spettri esterni
Sfoglia...
S (oriz.)
Sv (vert.)
< Indietro
Avanti >
Annulla
Aggiorna

Passo 3
Parametri e fattori spettrali
S.L. ag S Fo Fv TB TC TD
SLO 0.069 1.600 2.472 0.873 0.170 0.510 1.874
SLD 0.084 1.600 2.479 0.972 0.175 0.524 1.938
SLV 0.185 1.482 2.540 1.476 0.185 0.554 2.341
SLC 0.230 1.352 2.565 1.660 0.189 0.567 2.519
Verticale per tutti: 1.000 0.050 0.150 1.000
eta SLO q SLD x q SLD y q SLD z q SLU x q SLU y q SLU z
1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5
Aiuto...
Smorzamento...
1.0 1.0 <= Esistenti v. fragili
Verifiche
q=1 per ND
q >= 1
Regolarità
in pianta
in altezza
Edifici isolati
2.0 T is
10.0 s esi
Info...
S (oriz.)
Sv (vert.)
< Indietro
Avanti >
Annulla
Aggiorna



Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione per i puntoni in c.a. allo SLV:





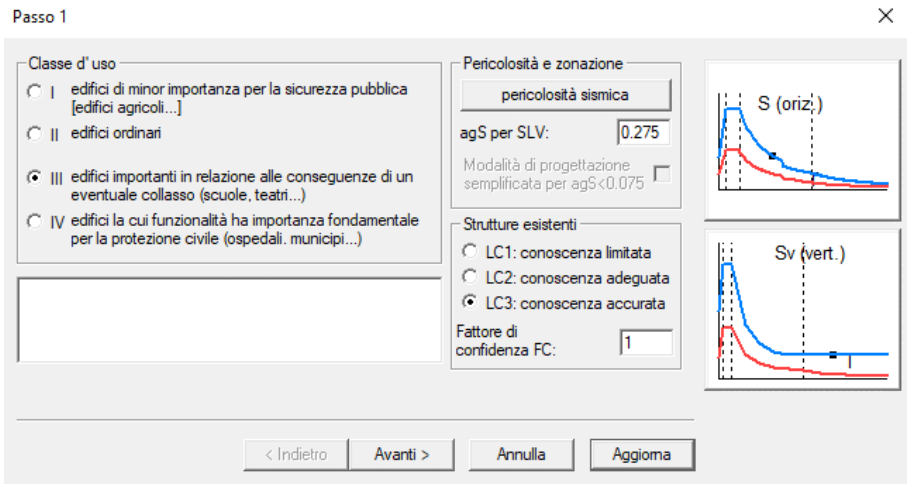
L'indice di vulnerabilità sismica allo SLV per la struttura allo Stato di Fatto è pari a **ξ = 1/ρ = 0.20**

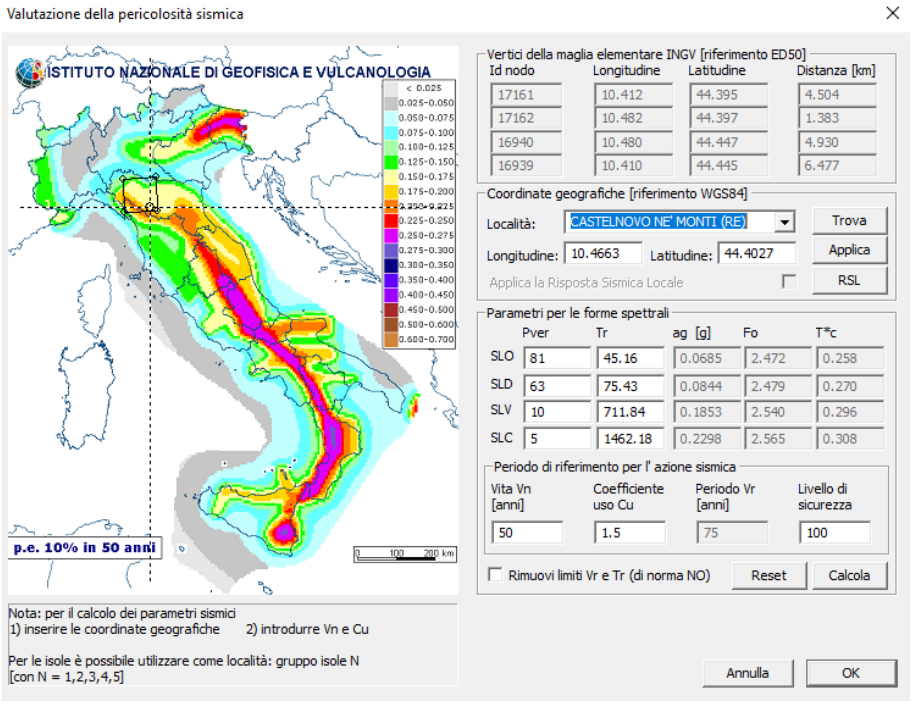
ANALISI SLV STATO DI PROGETTO (SISTEMA ISOLATO)

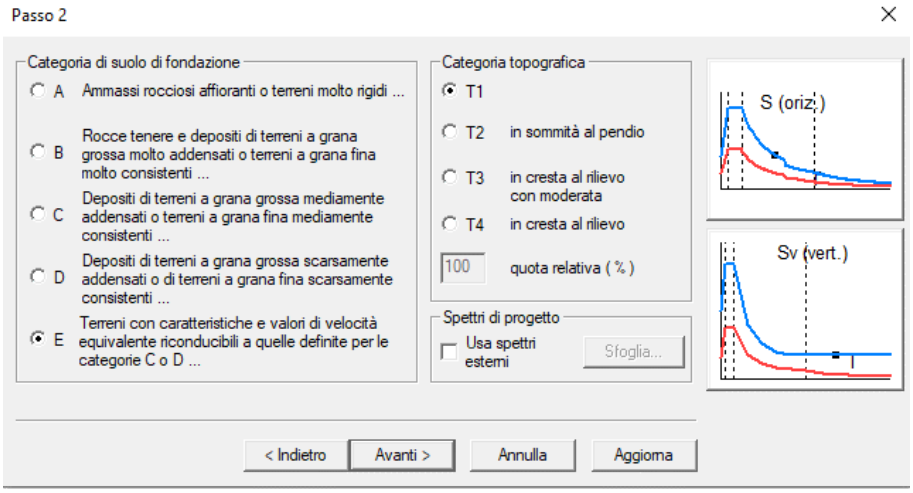
PREDIMENSIONAMENTO ISOLATORI IN GOMMA

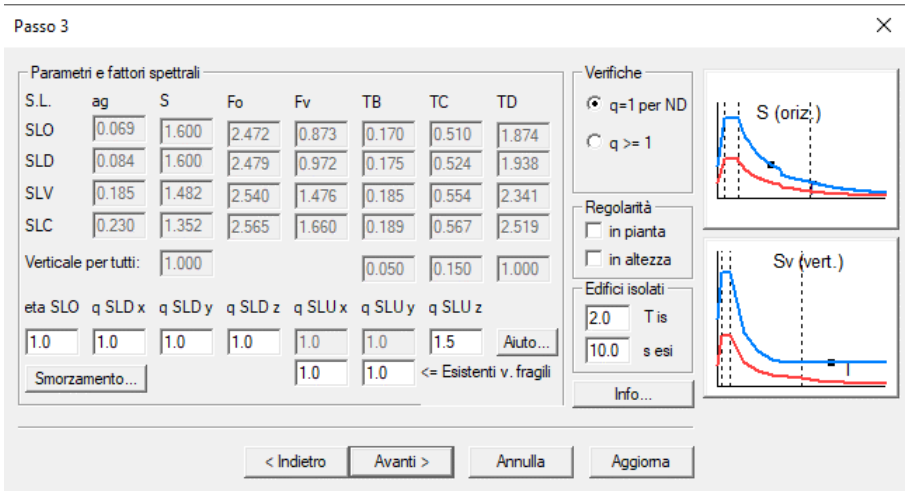
Vmax SLC - sisma (kN)	888
Vmin SLC - sisma (kN)	662
Vmax SLU statico (kN)	1938
H_L carico orizzontale long. frenamento SLU (kN)	16.00
H_L carico orizzontale trasv. vento SLU (kN)	90
spostamento max sismico SLC (+/- mm)	117.4
spostamento termico SLU (+/- mm)	21.875
reazione massima allo spostamento termico (kN)	42
spostamento long. da ritiro e fluage (+/- mm)	0
rotazione max in fase sismica (rad)	0
rotazione max totale (rad)	0
Tipo travi d'impalcato (A=acciaio, CA=c.a. gettato in opera, CAP=c.a.p. prefabbricato)	CAP
Eventuale pendenza longitudinale da riprendere con l'isolatore (%)	2
Eventuale pendenza trasversale da riprendere con l'isolatore (%)	0
Rigidezza isolatore scelto (kN/mm)	1.92
Rigidezza sistema isolato K (kN/m)	76800
Peso Massa sismica M (kN)	31000
Periodo sistema isolato (sec) $=2\ \pi\ (M/K)^{0,5}$	1.27
Ordinata spettro elastico SLC Se=agxSxηxFvx(Tc/T)	0.291
Forza sismica complessiva applicata al sistema di isolamento allo SLC(kN) =MxSe	9014.42
Forza sismica applicata al singolo isolatore allo SLC (kN)	225.36
Deformazione dovuta alle azioni non sismiche (mm)	56.3
Deformazione dovuta al sisma SLC (mm)	117.38
Ordinata spettro elastico SLV Se=agxSxηxFvx(Tc/T)	0.249
Forza sismica complessiva applicata al sistema di isolamento allo SLV(kN) =MxSe	7711.62
Forza sismica applicata al singolo isolatore allo SLV (kN)	192.79
Deformazione dovuta al sisma SLV moltiplicata per 1,2 (mm)	120.49

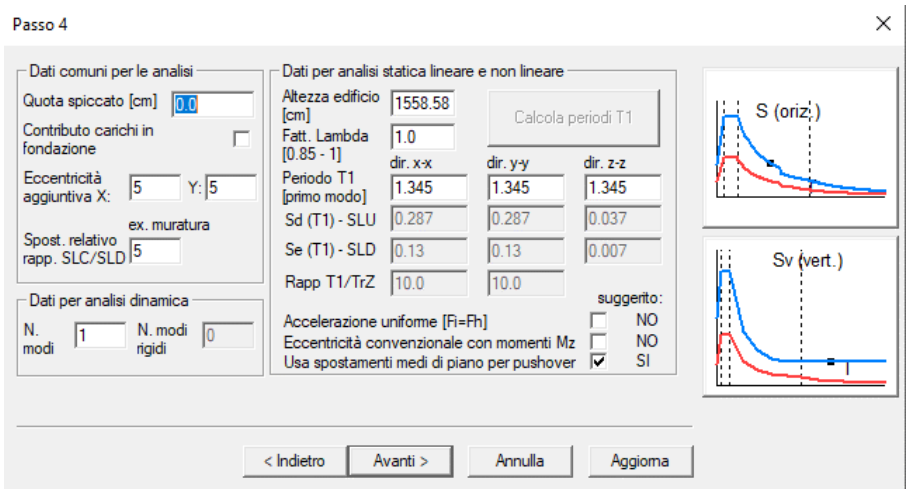
Azione sismica di riferimento:

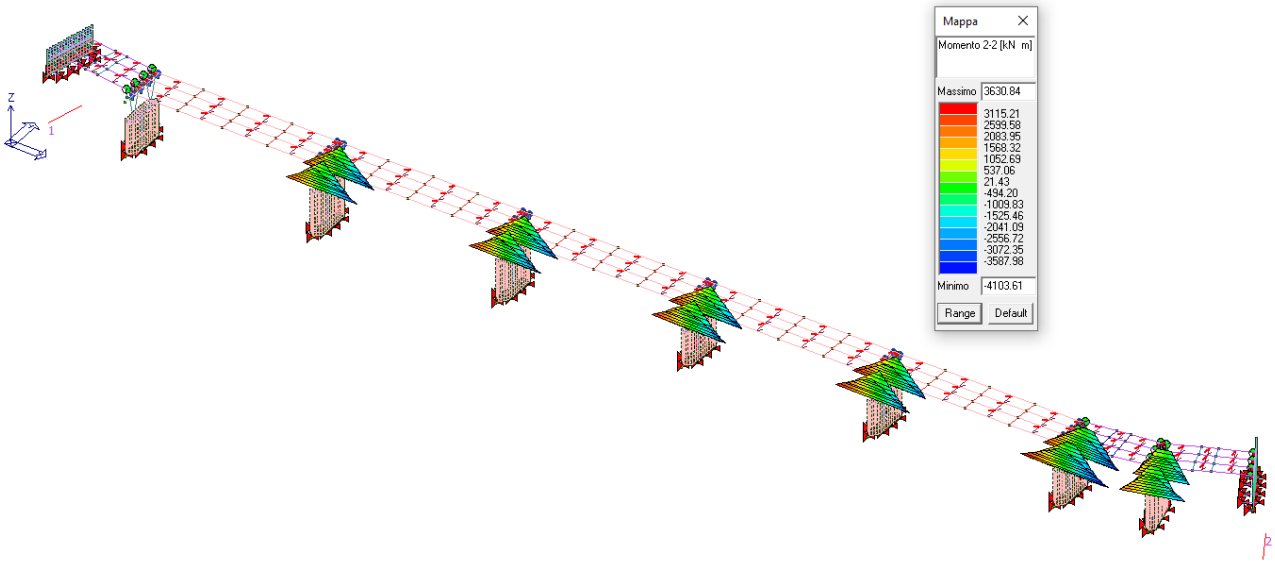




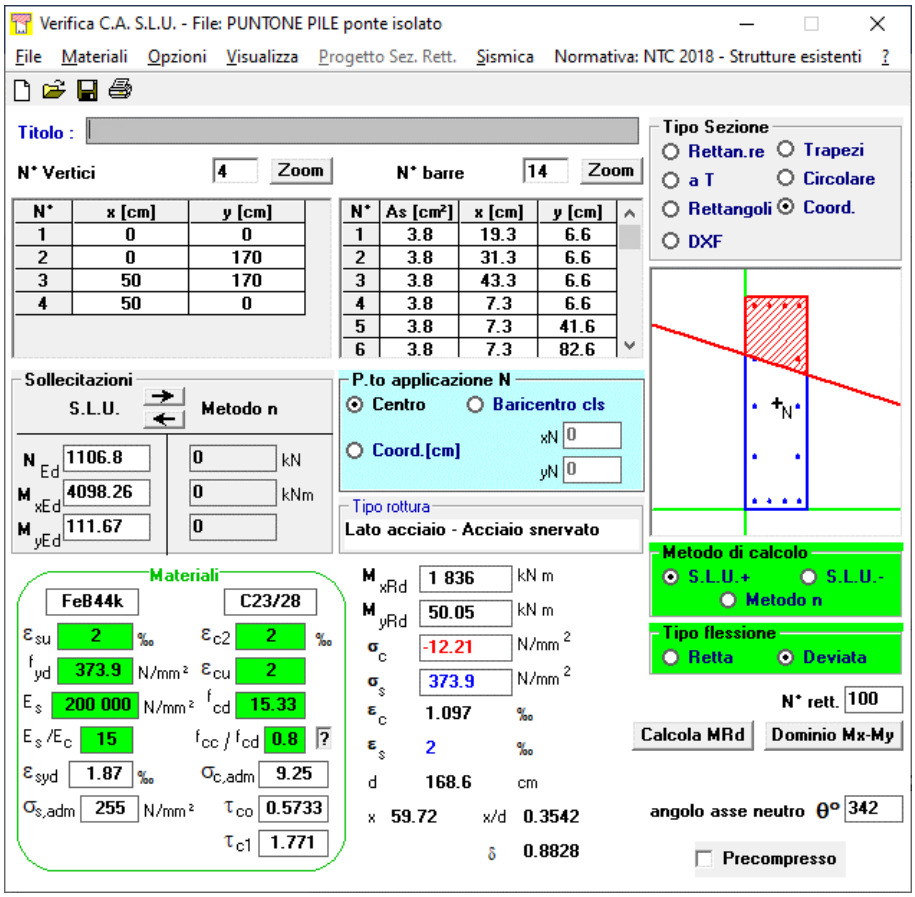


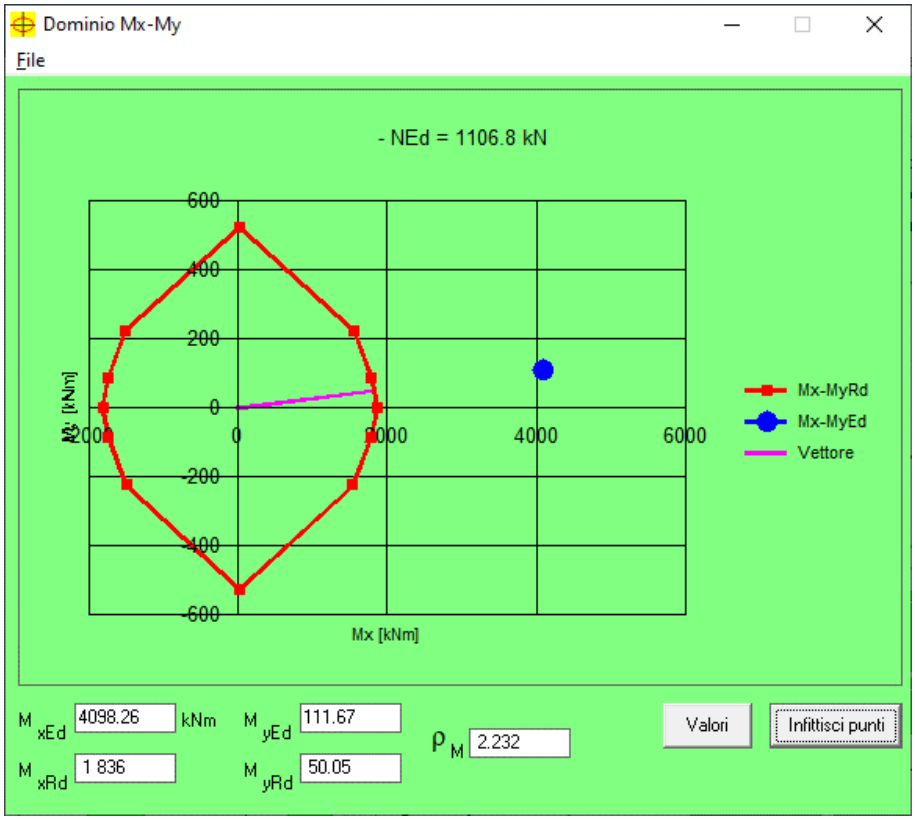






Si riporta di seguito la verifica a pressoflessione per i puntoni in c.a. allo SLV:





L'indice di vulnerabilità sismica allo SLV per la struttura allo Stato di Fatto è pari a **ξ = 1/ρ = 0.44**