

ESEMPIO DI MIGLIORAMENTO SISMICO TRAMITE ISOLAMENTO SISMICO

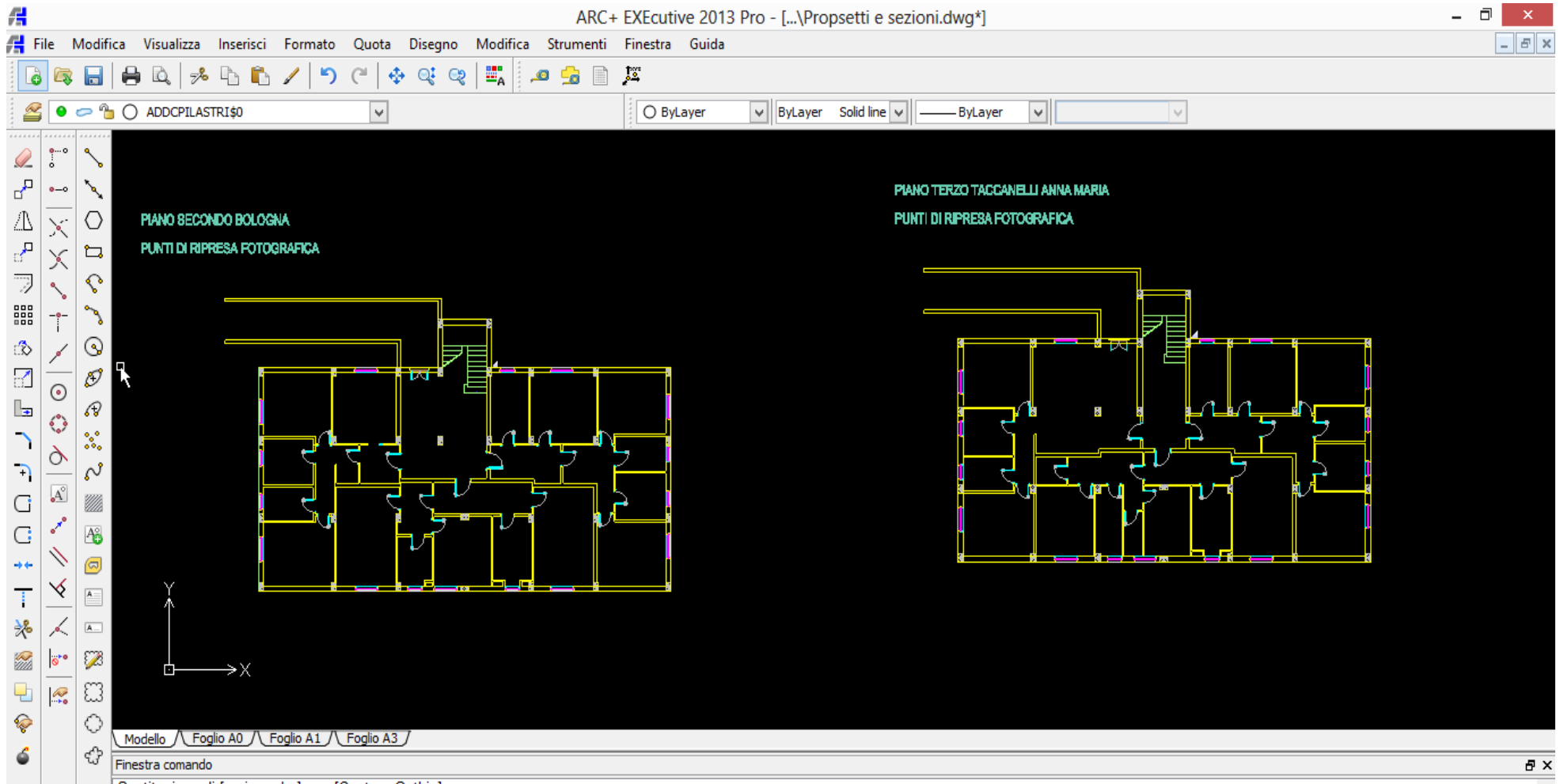
STRUTTURA ESISTENTE IN C.A. DANNEGGIATA A SEGUITO DELL'EVENTO SISMICO DELL'AQUILA 2009

Si ringrazia l'Ing. Roberto Scimia per le foto e i dati del progetto

Progetto di miglioramento sismico di un edificio per civile abitazione sito a L'Aquila

Horae 2012 *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

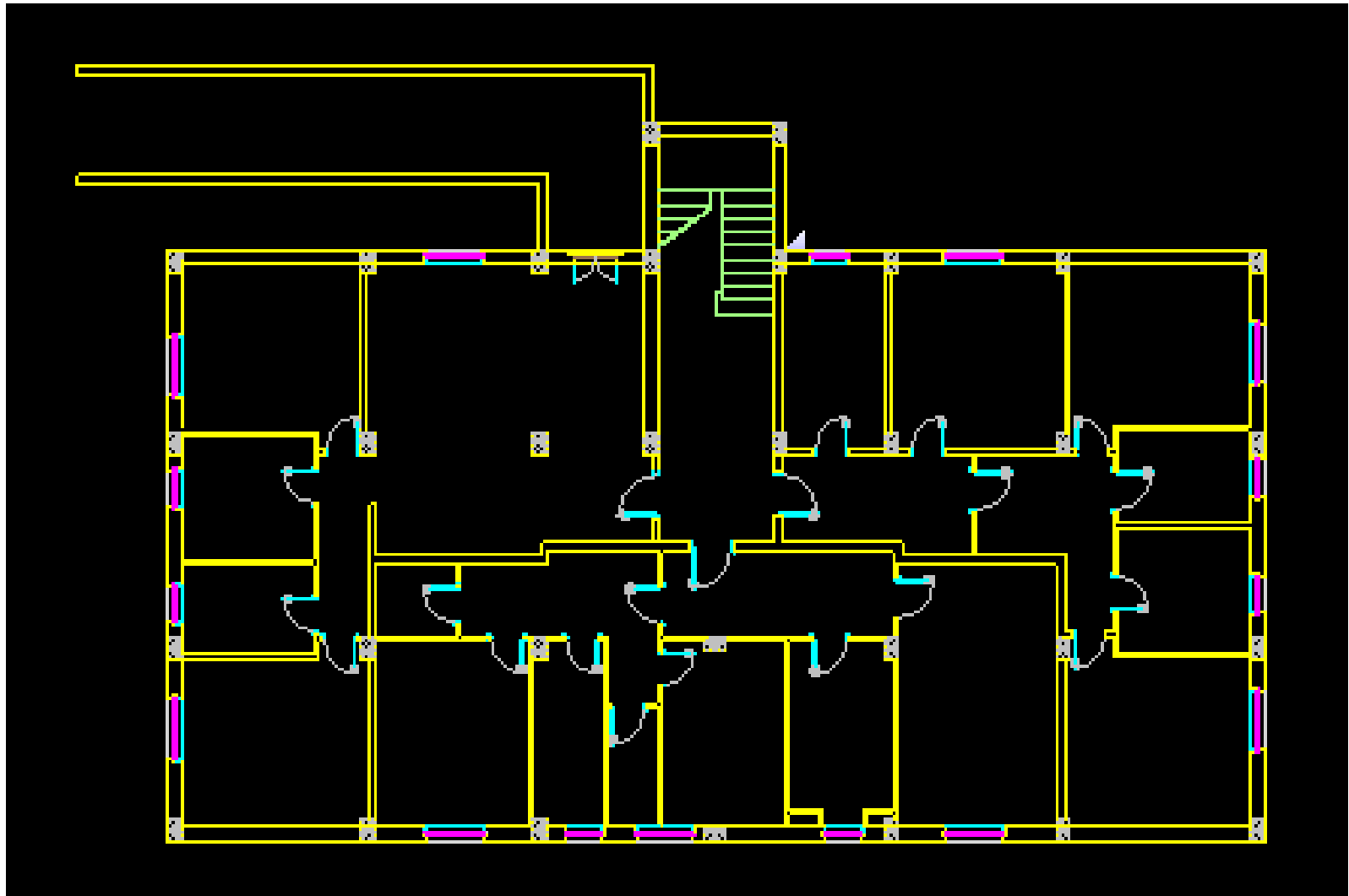


Piante

Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it

Horae 2012 *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it



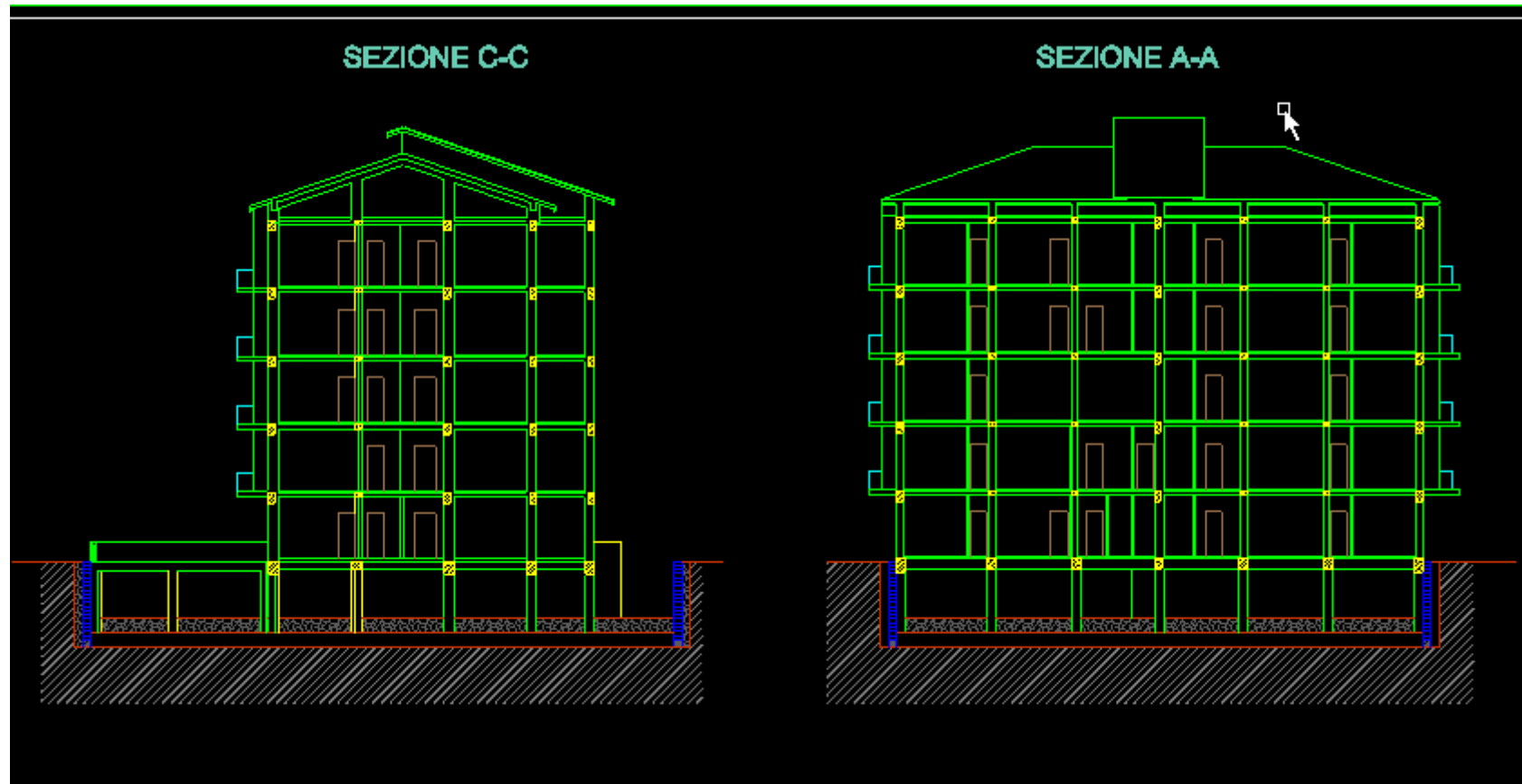
Pianta tipo

Horae 2012 *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it



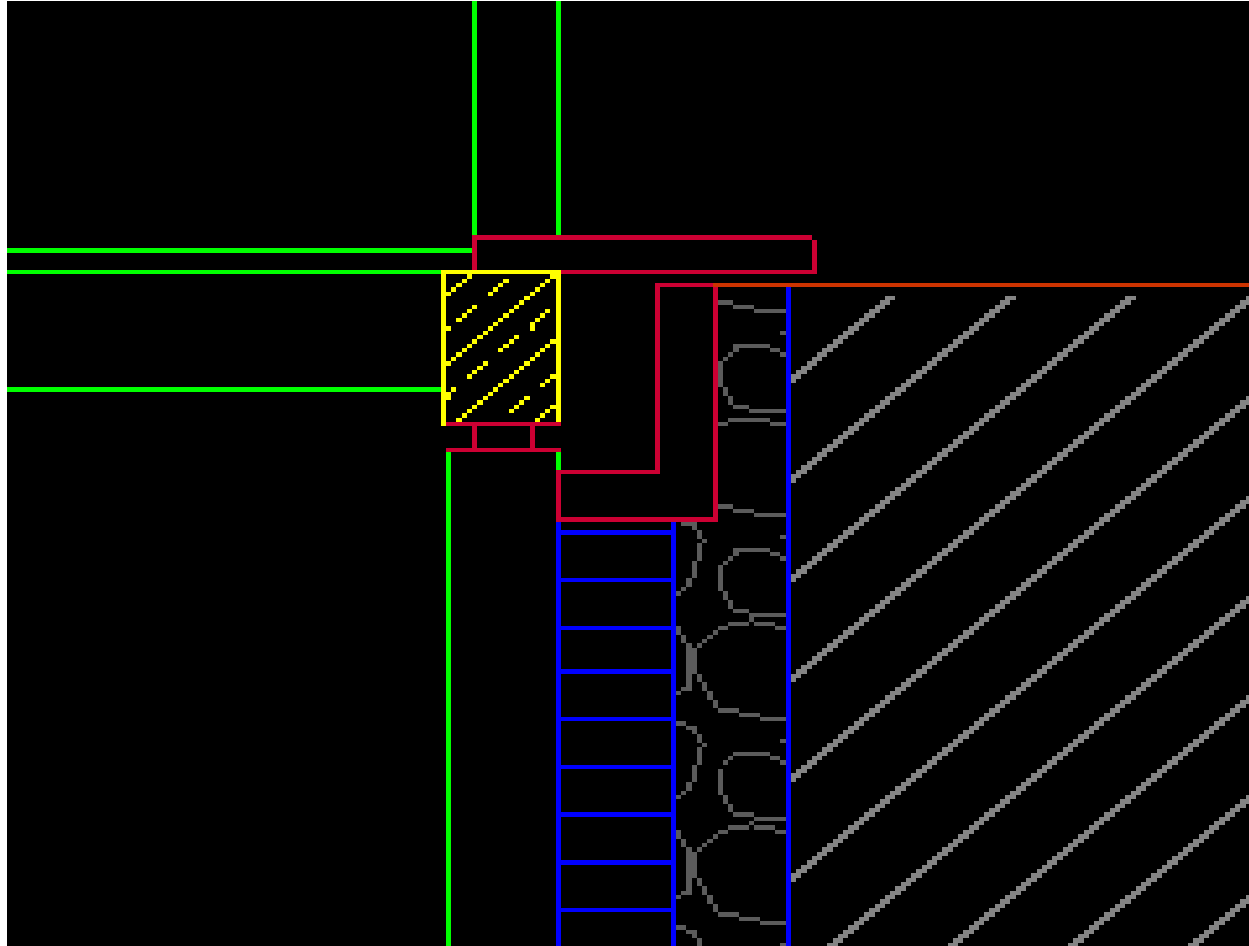
Prospetti



Sezioni allo stato attuale



Sezioni allo stato di progetto



Danneggiamenti

Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

PRELIEVO E PREPARAZIONE DELLE CAROTE

Sigla	Posizione prelievo	Data carotaggio	Carbonatazione mm	Armatura		Dimensioni carota		Tipo di confronto resistenza	
				∅ mm	pos. mm	d _m mm	L mm	Cubica	Cilindrica
C7	Trave scale	30/11/2009	3-5-7-3	---	---	84	210		x
C8	Piano terra	30/11/2009	15-10-5-10	---	---	84	220		x
F	Trave fondazione	30/11/2009	5-3-2-5	---	---	84	250		x

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

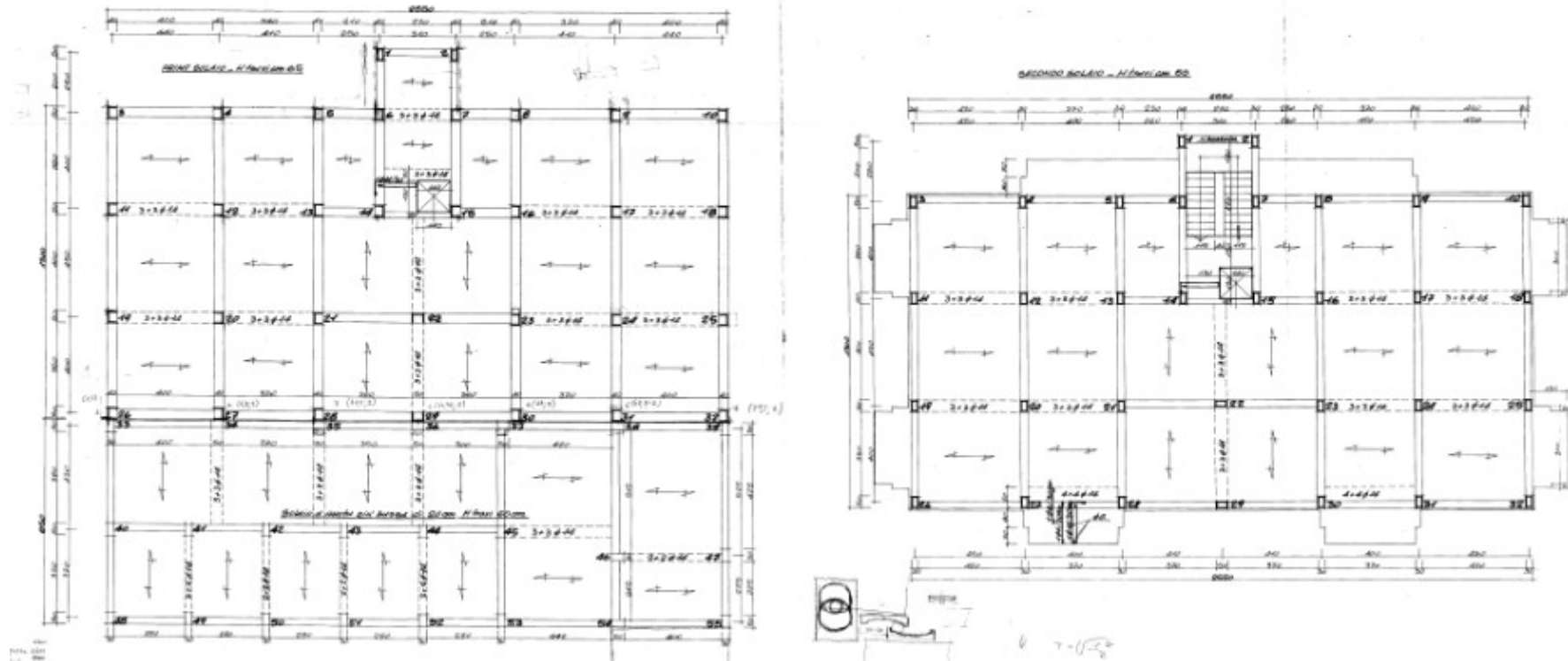
Sigla	Condizioni di umidità della superficie ¹	Dimensioni		Rapporto L/d _m mm ²	Sezione A _c mm ²	Massa P kg	Massa Vol. D Kg/m ³	Carico Max F kN	Resistenza f _c MPa	Rettifica ²	Tipo di rottura ³
		d _m mm	L mm								
C7	b	84	168	2,00	5542	2,099	2255	123,1	22,2	a	A
C8	b	84	168	2,00	5542	2,064	2217	97,6	17,6	a	A
F	b	84	168	2,00	5542	1,988	2135	142,9	25,8	a	A

Prove sui materiali

Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it

Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

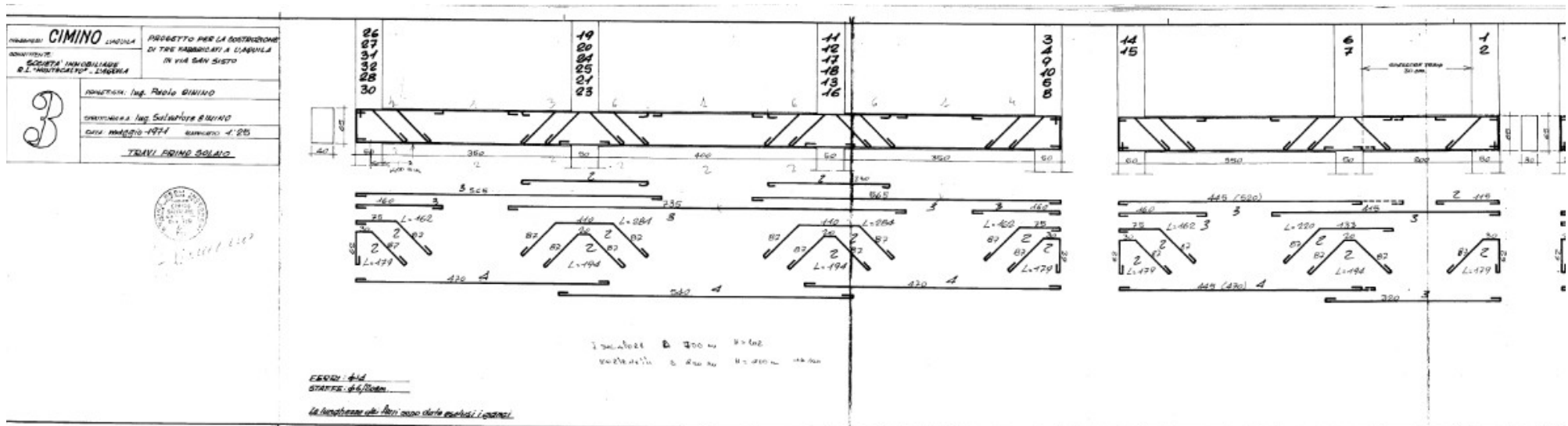


Carpenterie progetto originario

Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it

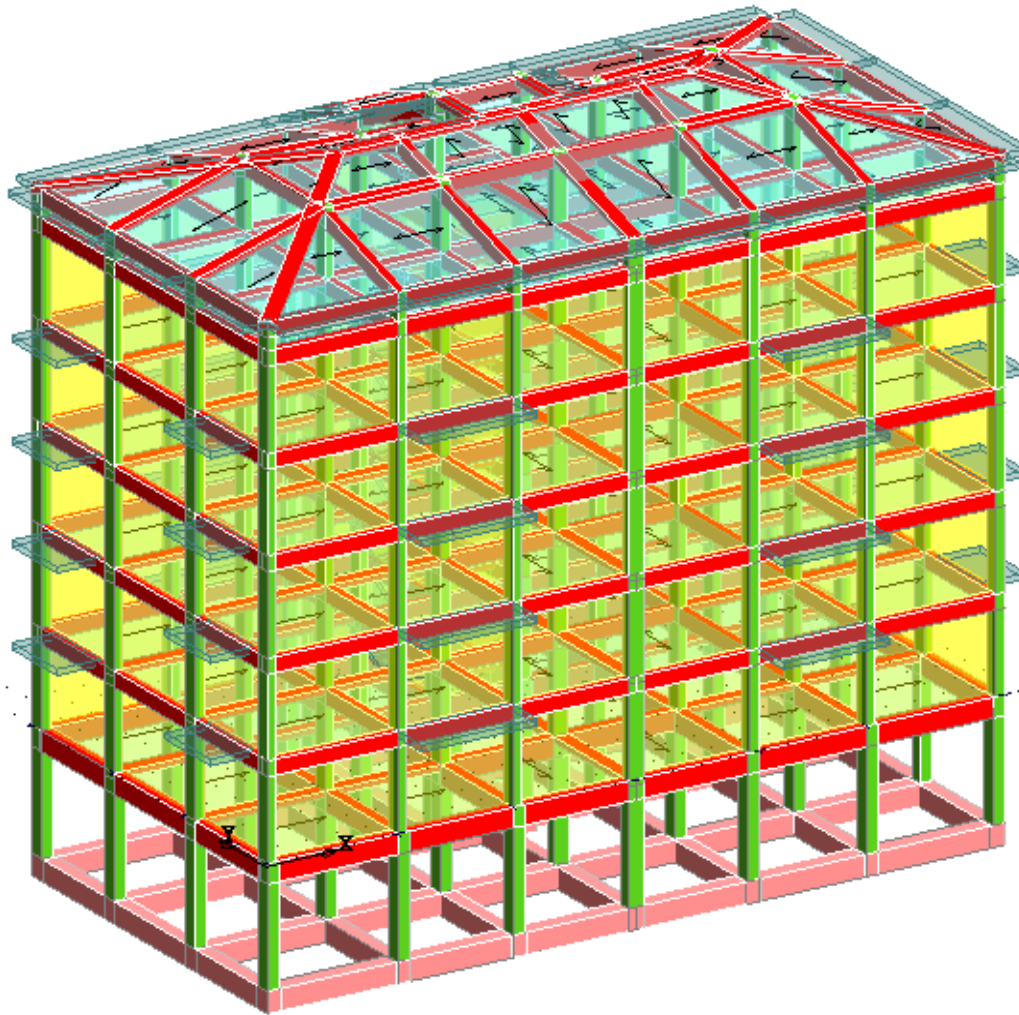
Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

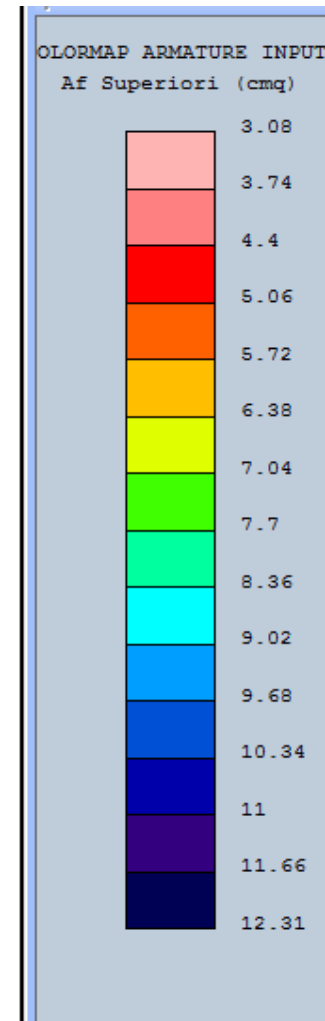
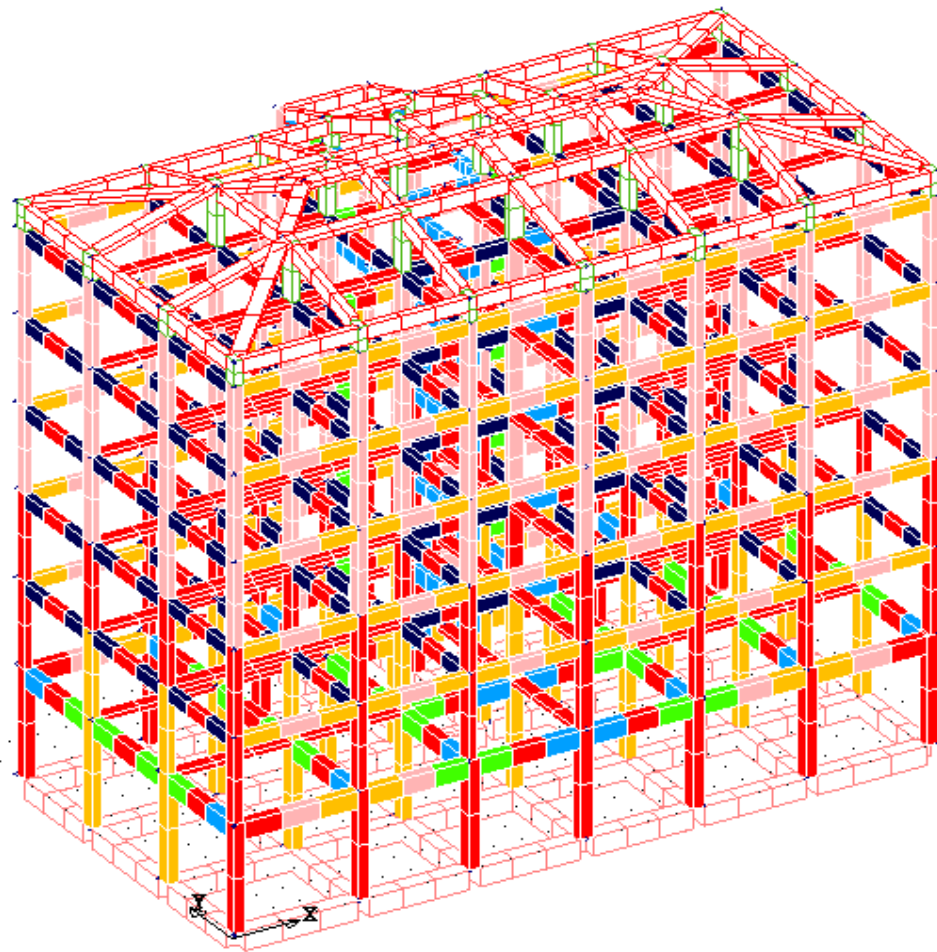


Armature progetto originario

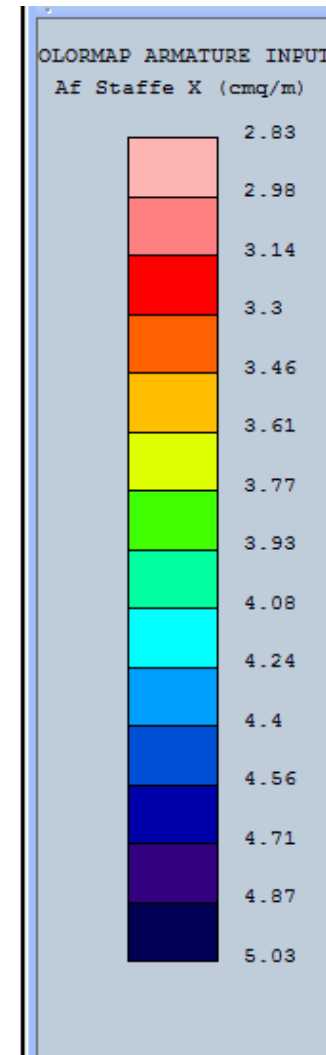
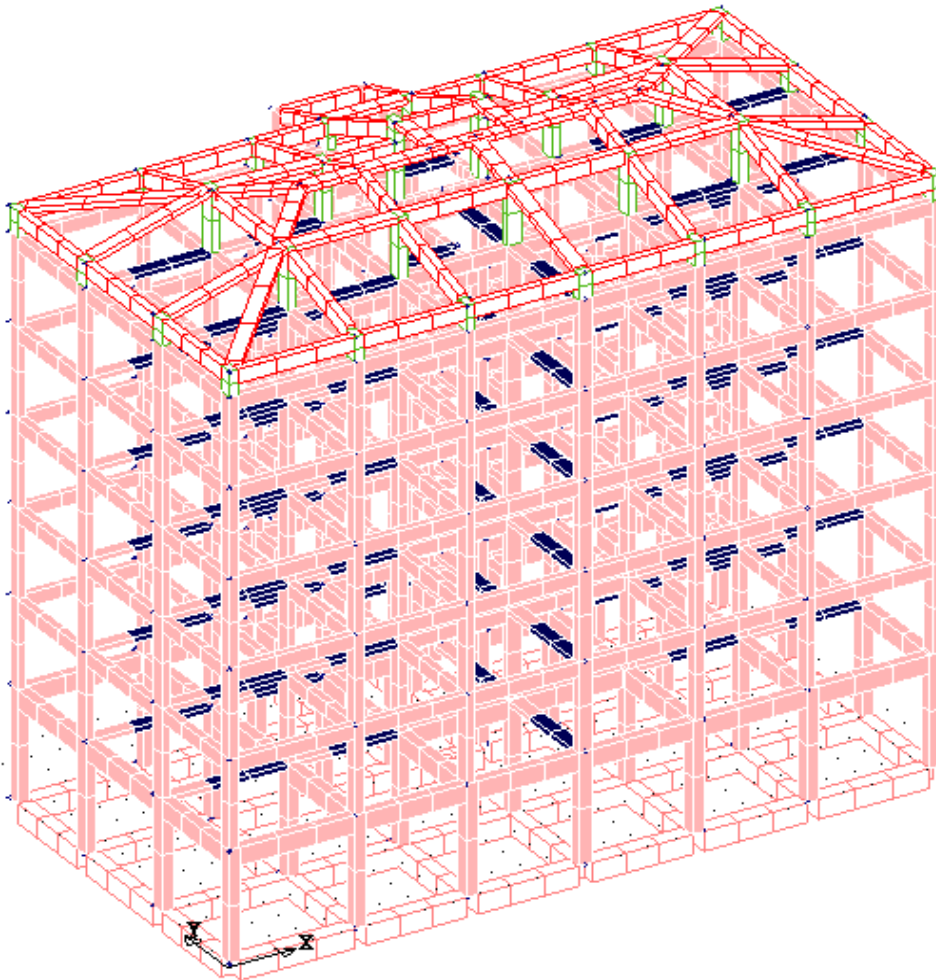
Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it



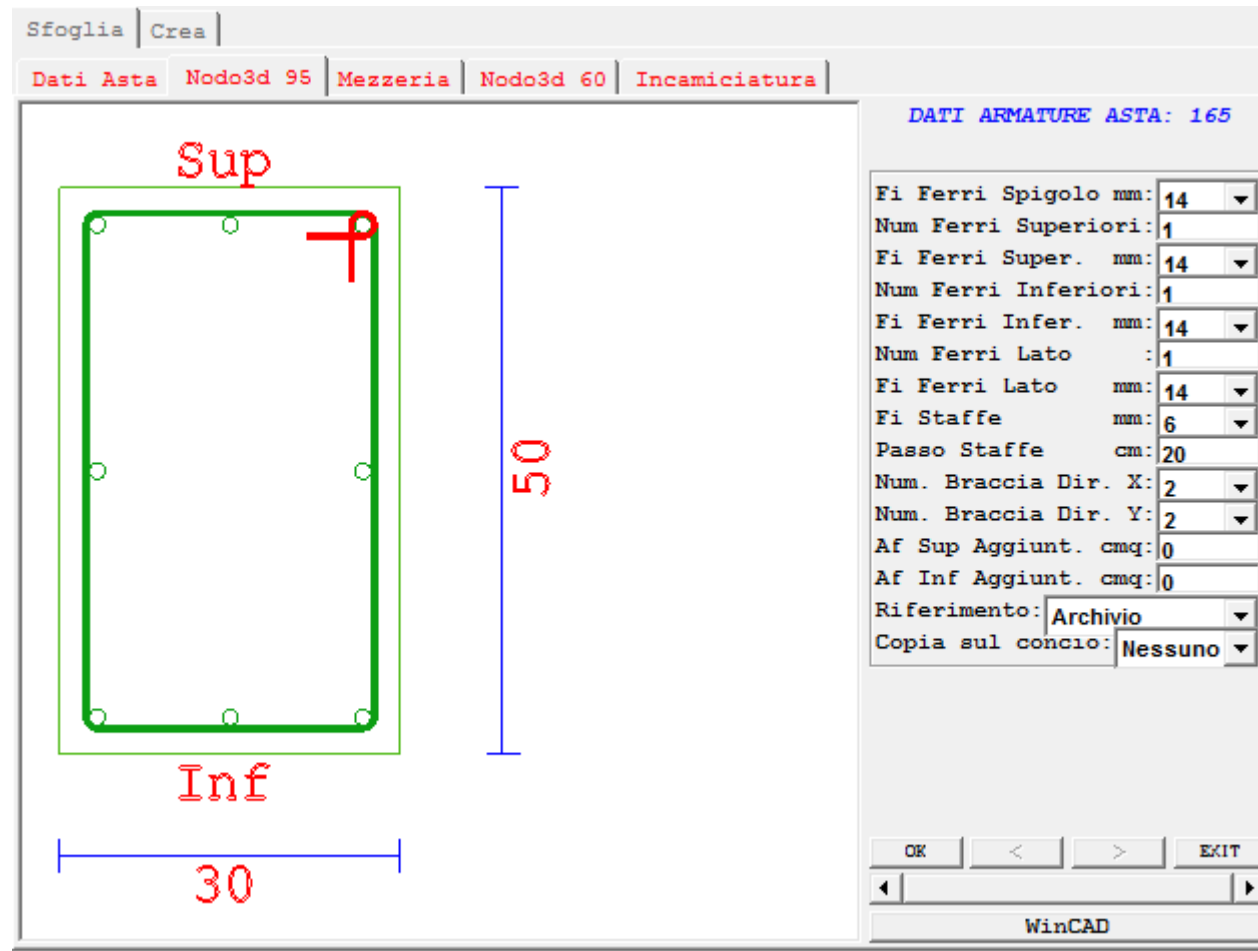
Modello di calcolo



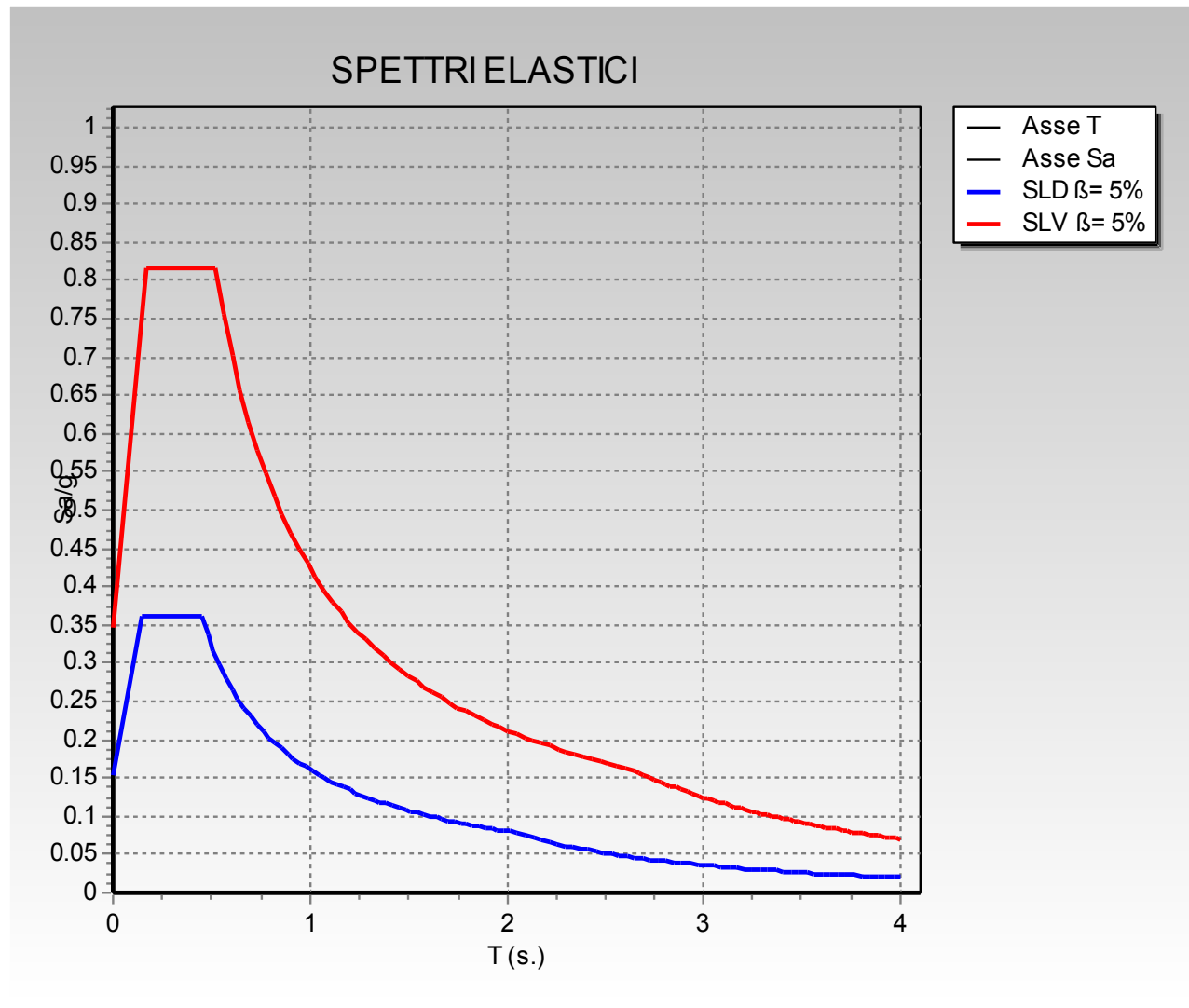
Armature a flessione



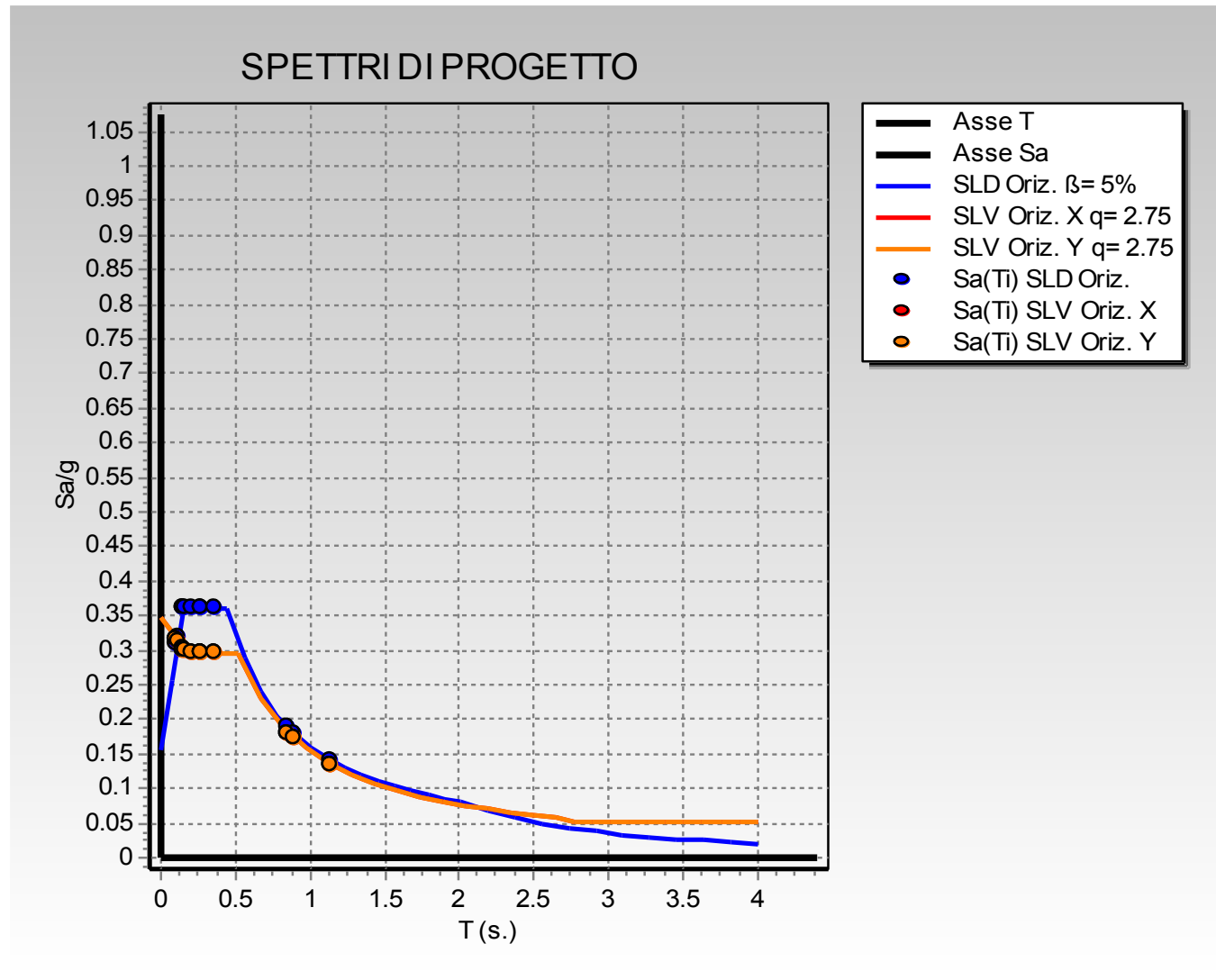
Armatore a taglio



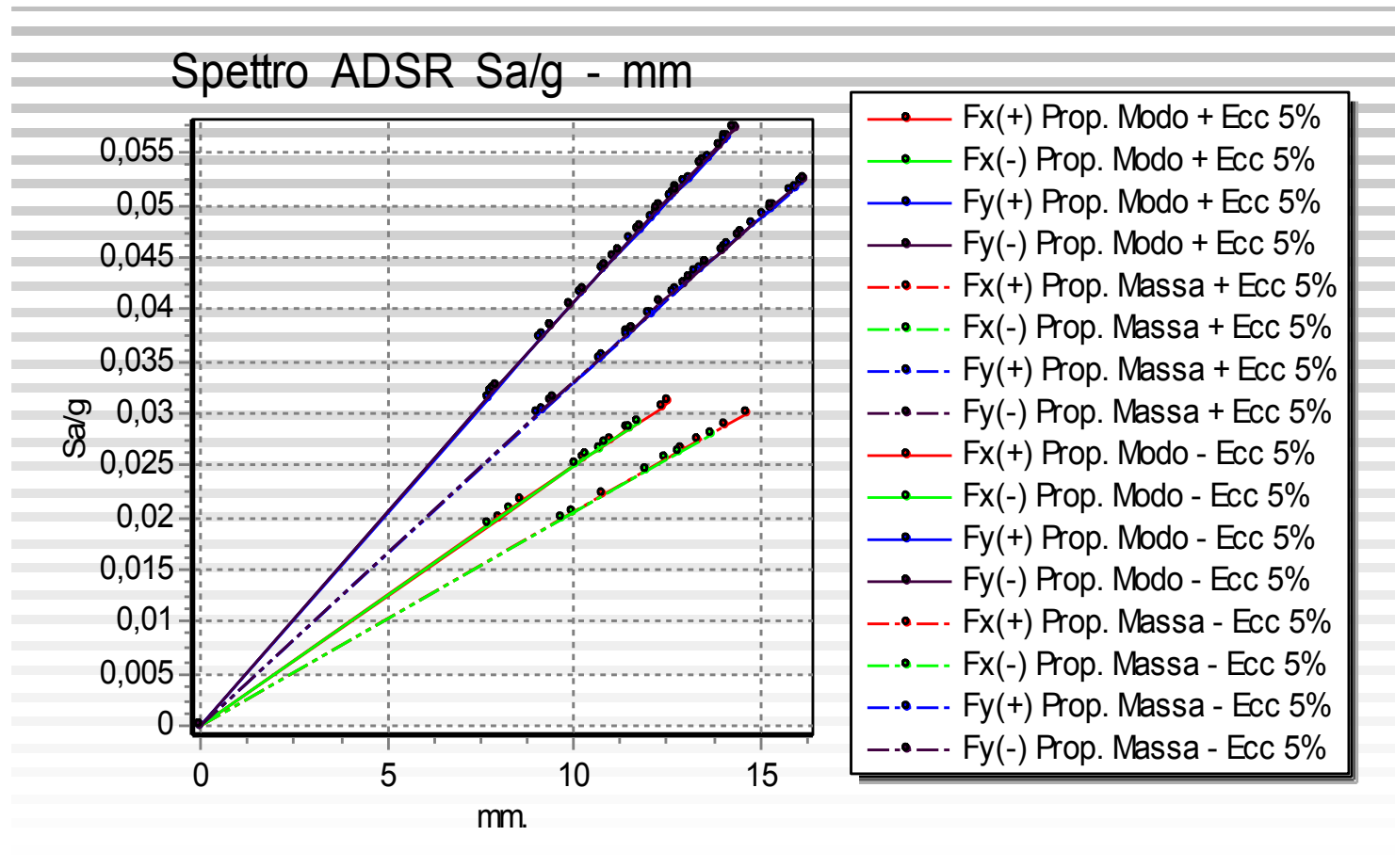
Armature tipo



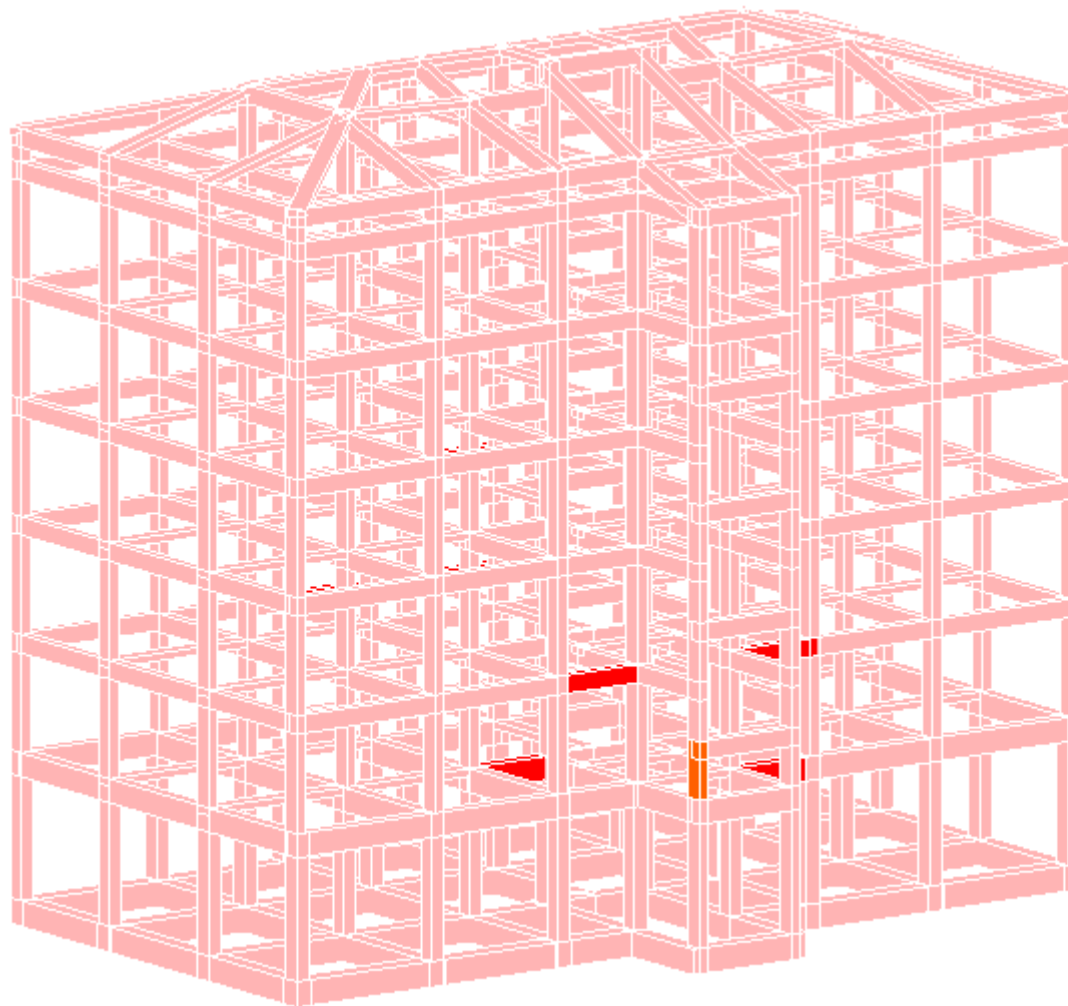
Spettri elastici



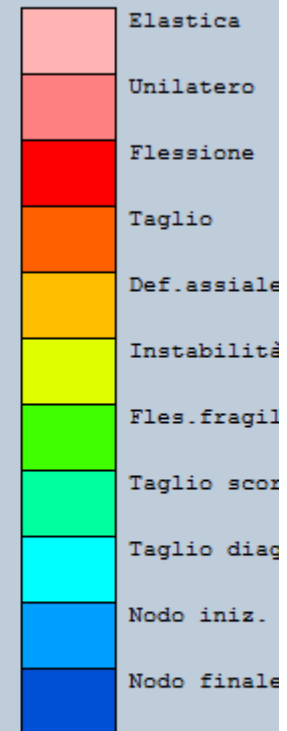
Spettri di progetto



Curve ADSR meccanismi fragili stato attuale

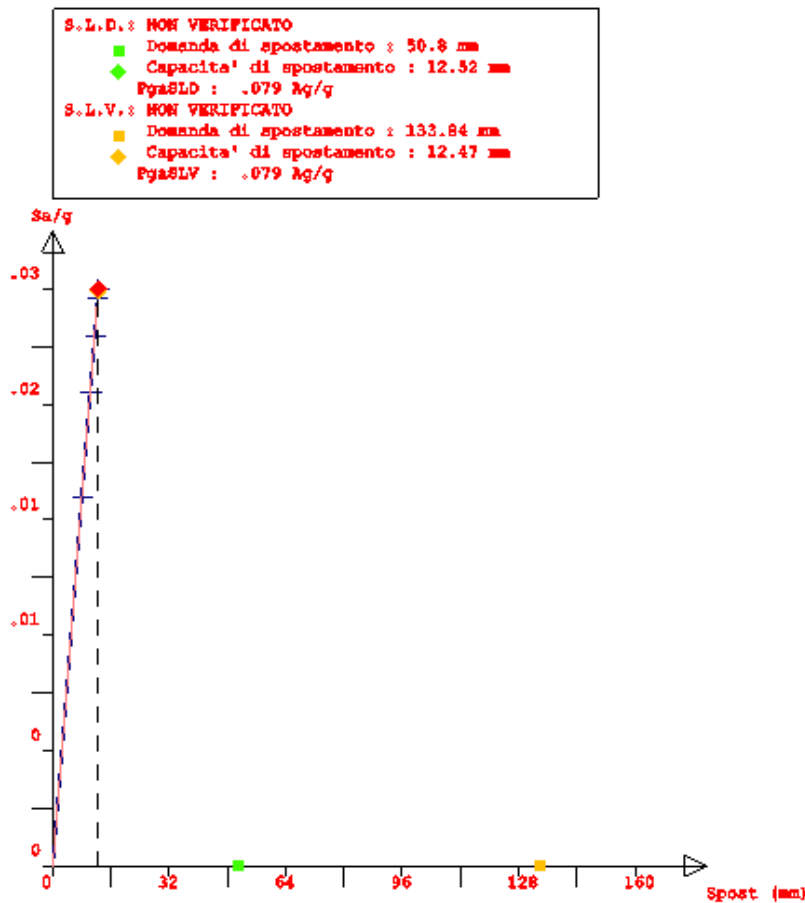


MODI COLLASSO PUSH
push n. 1



Tipologia di collasso stato attuale

Push-Over Nro: 1



Curva ADSR minima

Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

RISULTATI GENERALI PUSH-OVER			
PUSH-OVER N.ro	1	-	DISTRIB. FORZE SECONDO DEFORMATA MODALE +Ecc5%
Angolo Ingr. Sisma (Grd)	0		Numero collassi totali
Numero passo Resist. Max.	5		Numero passi significativi
Massa SDOF (t)	1562.84		Taglio alla base max. (t)
Coeff. Partecipazione	1.29		Resistenza SDOF (t)
Rigidezza SDOF (t/m)	3902.55		Spostam. Snervam. SDOF mm
Periodo SDOF (sec)	1.27		Rapporto di incrudimento
Rapporto Alfau/alfa1	1.563		Fattore struttura
Coeff Smorzam. Equival.	6.000		Duttilita
STATO LIMITE DI DANNO			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	50.808	Spostamento mm	12.523
S.L. Danno	NON VERIFICA	Numero passo precedente	4
PgaLD/g	0.079	PgaLD/Pga 63%	0.764
Rapporto $q^* = F_e/F_y$	4.21	Asta3D Nro	
-----		TrCLD	10.000
-----		(TrCLD/TDLD) ^a	0.516
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA			
DOMANDA		CAPACITA'	
Spostamento mm	133.843	Spostamento mm	12.476
S.L. Salvaguardia Vita	NON VERIFICA	Numero passo precedente	4
PgaLV/g	0.079	PgaLV/Pga 10%	0.303
Rapporto $q^* = F_e/F_y$	11.08	Asta3D Nro	671
-----		TrCLV	10.000
-----		(TrCLV/TDLV) ^a	0.204

Verifica push over minima



Isolatore friction

Tipologie di isolatori: isolatori a scorrimento (friction pendulum)

Sfruttano la legge fisica del moto del pendolo per allungare il periodo naturale della struttura isolata

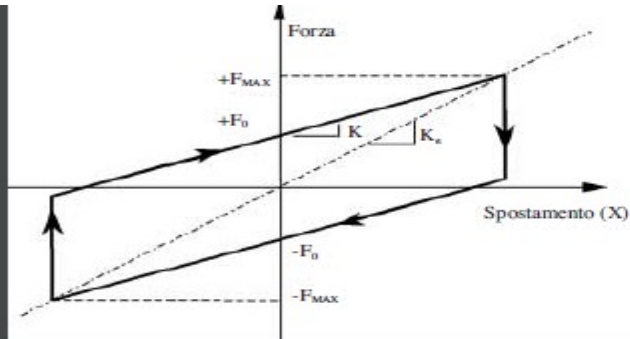
Il periodo è indipendente dalla massa della struttura, con notevole vantaggio nel caso di isolamento di edifici leggeri.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{u} \right)}}$$

Periodo della struttura

Horae 2012 *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it



Volendo utilizzare un modello lineare equivalente, la valutazione della rigidezza equivalente K_e e dello smorzamento equivalente ξ_e in funzione dello spostamento di progetto X viene effettuata con le seguenti formule:

$$K_e = V \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{X} \right)$$

$$\xi_e = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{\frac{X}{\mu R} + 1}$$

Il periodo di oscillazione è dato da:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{\mu}{X} \right)}}$$



Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it



Spostamento 200 mm	V	F _{zd}	R	μ	ξ ₅₀	T	D	H
	kN	kN	mm		%	s	mm	mm
	per d ₂ ^{SLC} = 200 mm							
FIP-D 90/400 (2535)	500	900	2535	0.025	15.3	2.78	400	84
FIP-D 130/400 (2535)	1000	1300					430	89
FIP-D 260/400 (2535)	2000	2600					485	120
FIP-D 390/400 (2535)	3000	3900					535	141

Spostamento 250 mm	V	F _{zd}	R	μ	ξ ₅₀	T	D	H
	kN	kN	mm		%	s	mm	mm
	per d ₂ ^{SLC} = 250 mm							
FIP-D 130/500 (3125)	1000	1300	3125	0.025	15.2	3.10	490	94
FIP-D 270/500 (3125)	2000	2700					550	118
FIP-D 400/500 (3125)	3000	4000					595	140

Spostamento 300 mm	V	F _{zd}	R	μ	ξ ₅₀	T	D	H
	kN	kN	mm		%	s	mm	mm
	per d ₂ ^{SLC} = 300 mm							
FIP-D 180/600 (3725)	1000	1800	3725	0.025	15.1	3.38	570	102
FIP-D 275/600 (3725)	2000	2750					600	119
FIP-D 400/600 (3725)	3000	4000					655	138

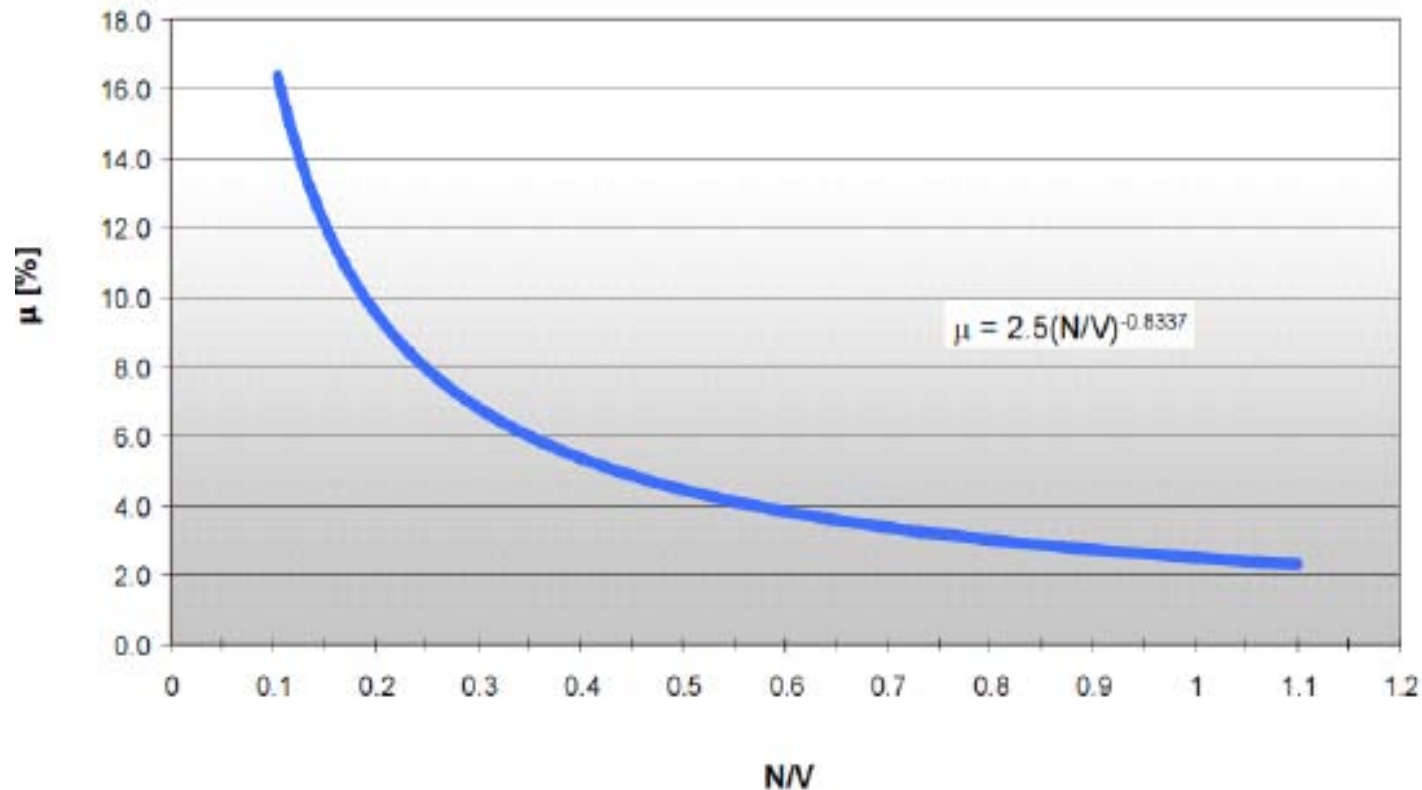
Spostamento 350 mm	V	F _{zd}	R	μ	ξ ₅₀	T	D	H
	kN	kN	mm		%	s	mm	mm
	per d ₂ ^{SLC} = 350 mm							
FIP-D 180/700 (3715)	1000	1800	3715	0.025	13.4	3.44	620	112
FIP-D 260/700 (3715)	2000	2600					655	120
FIP-D 400/700 (3715)	3000	4000					705	147

Scelta della tipologia di ISOLATORE

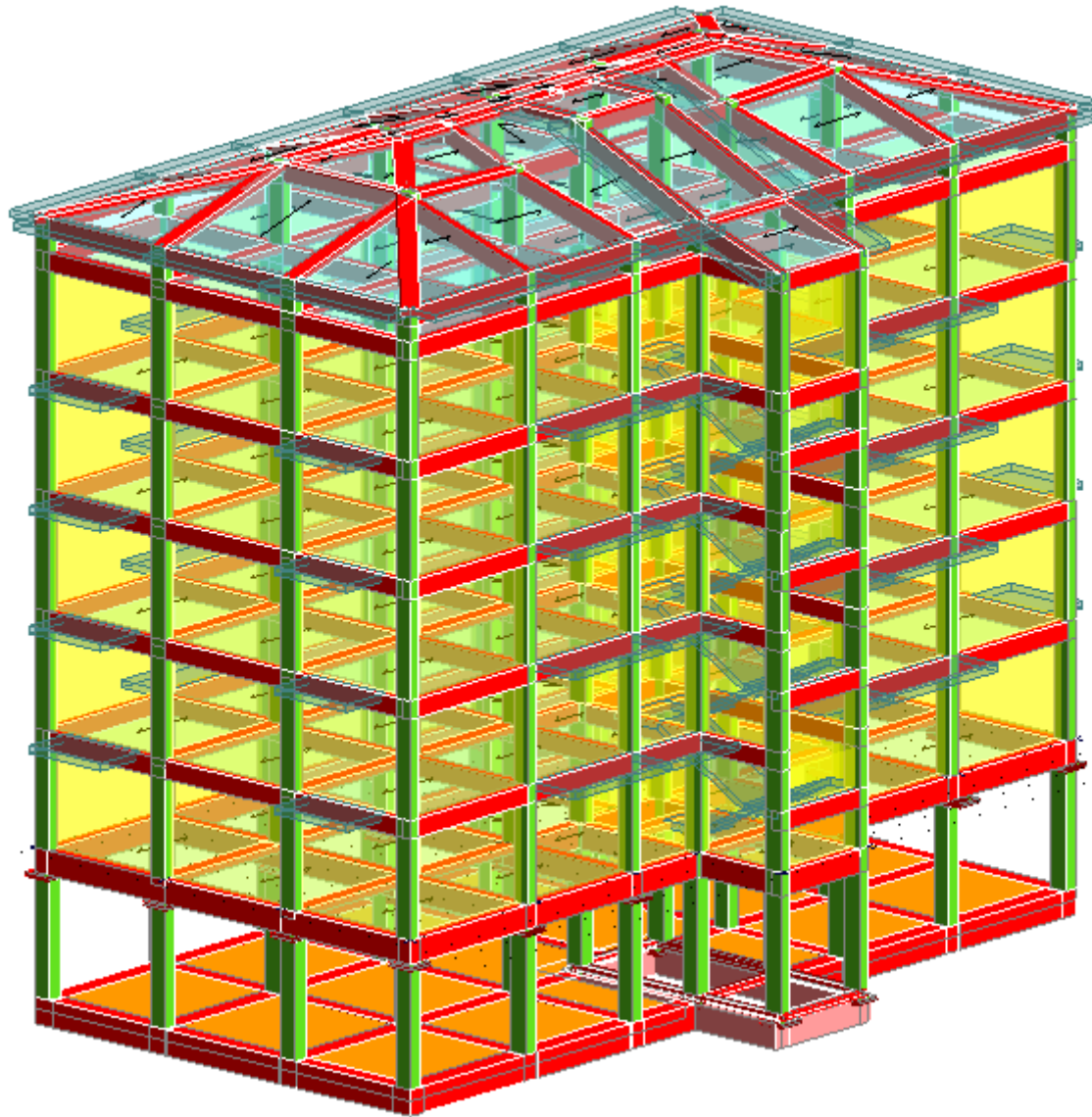
Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it

Attrito Vs Carico Verticale

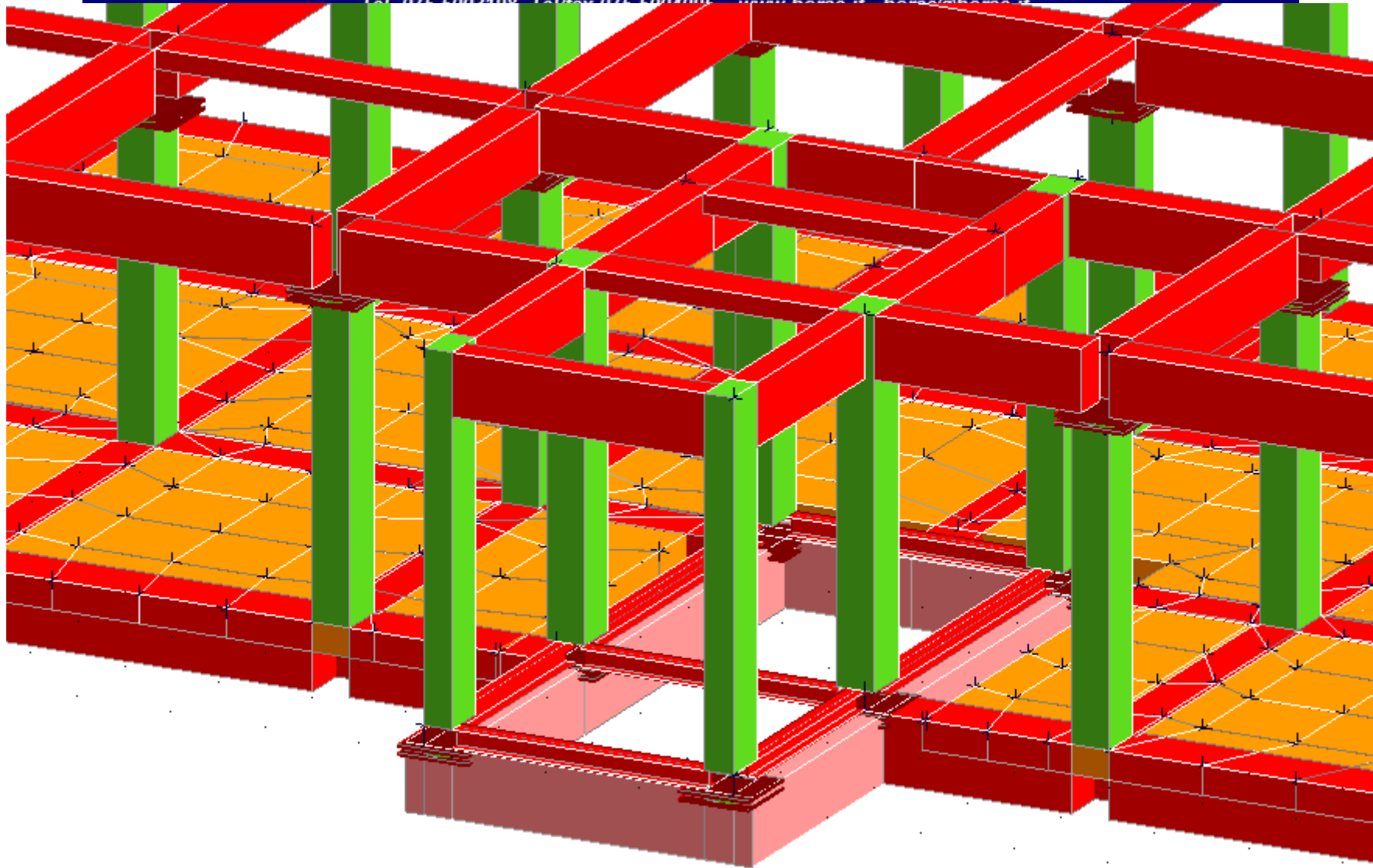
(N=carico verticale quasi-permanente agente sul singolo isolatore;
V=carico verticale massimo in presenza di sisma che puo' essere sopportato dal tipo di isolatore utilizzato)



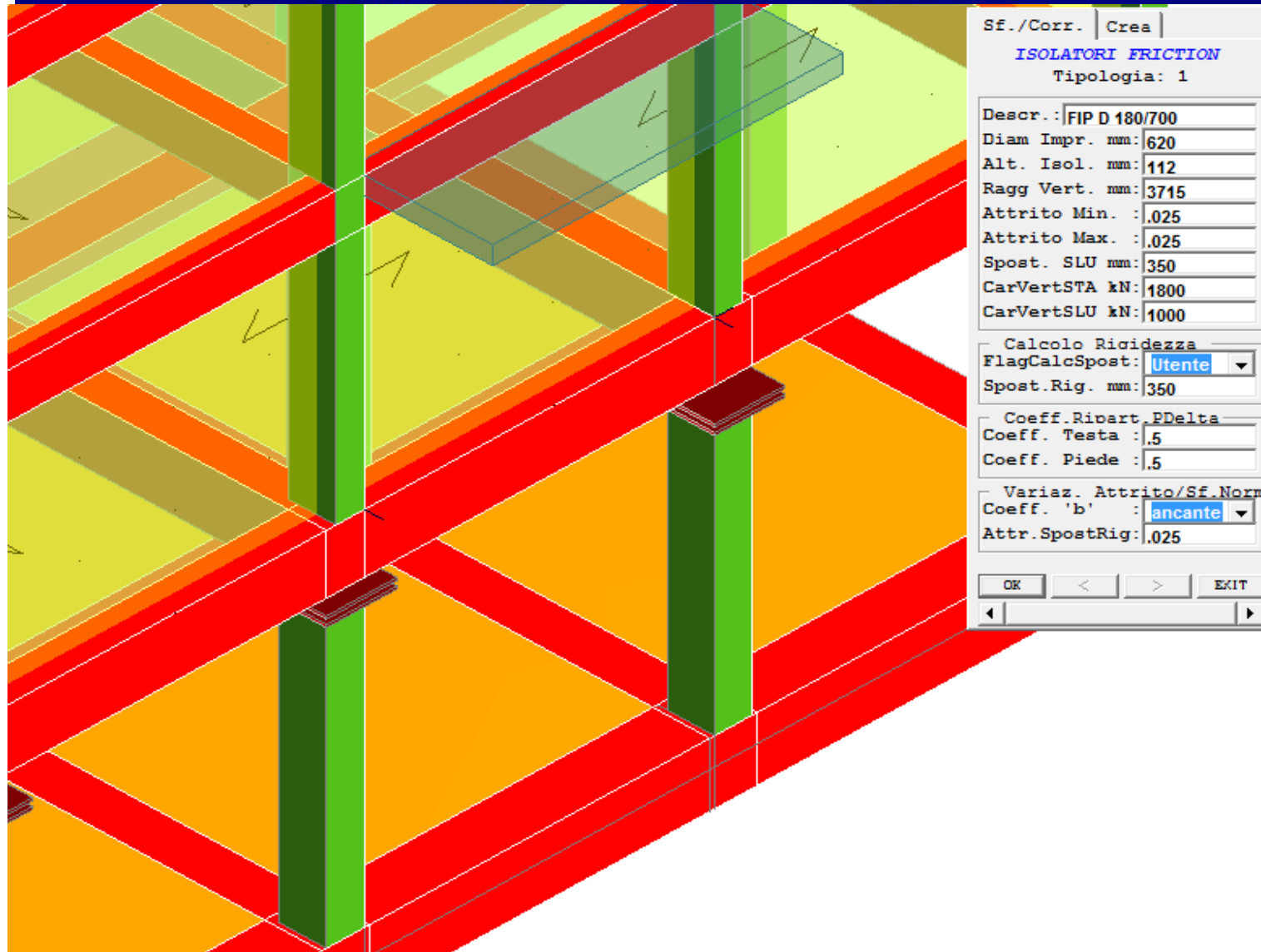
Variabilità attrito



Modello di calcolo stato di progetto

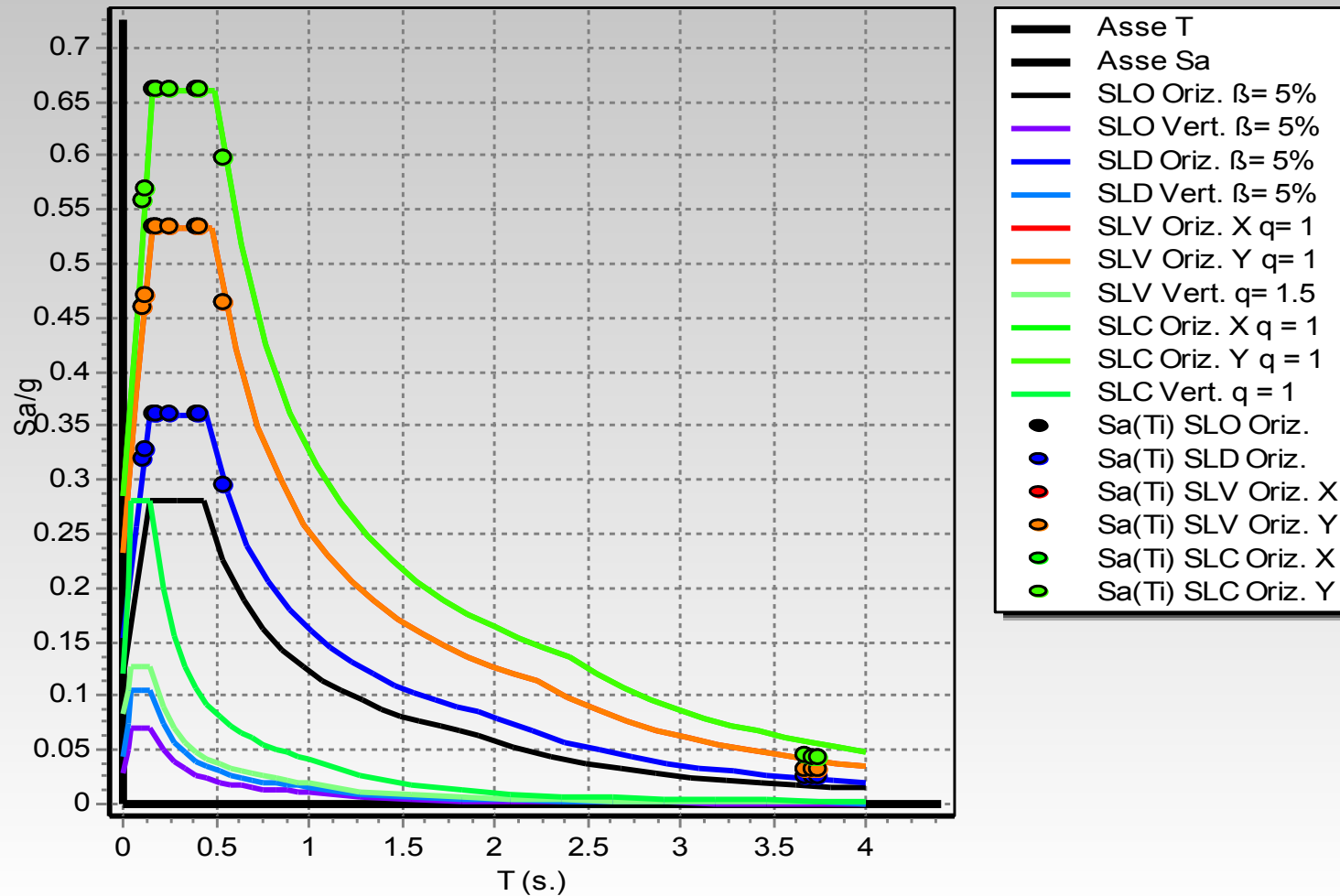


Piano di isolamento

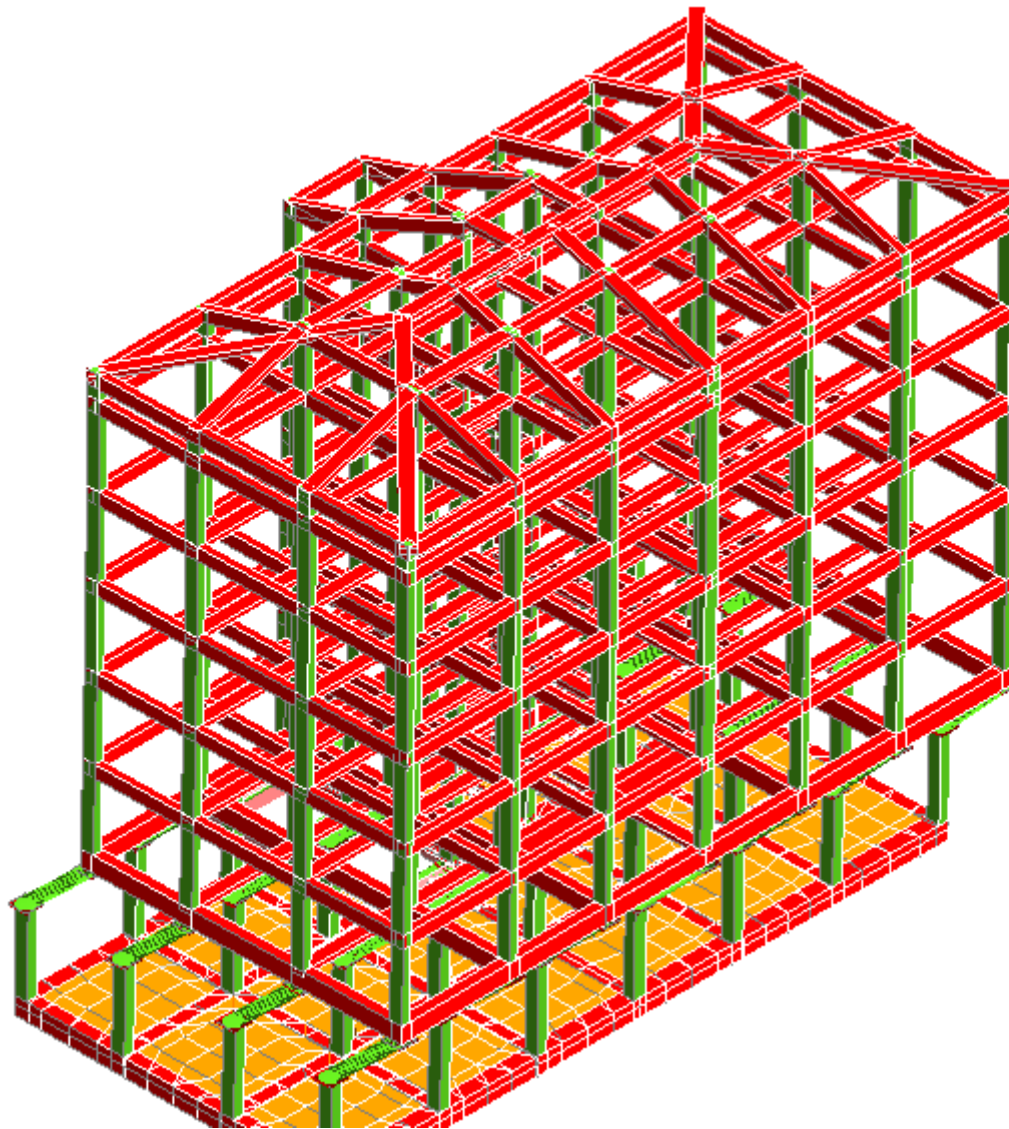


Tipologia di isolatore

SPETTRI DI PROGETTO



Spettro sismico forme modali



DEFORMATE

Indeformata

colormap deformate

scelta condiz/combin/modi

Combinazioni

Condiz. statica

Condiz. sismica

Condiz. termica

Forme Modali

Pushover

Carico Critico

scelta deformata

Deformata elastica

Deformata cinematica

scelta stato limite

SLD

SLD

SLV

SLC

F. ampl. Attuale..... 26

F. ampl. consigliato. 26

Spost. max. 116.6 mm

Deformata sismica

Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

Descrizione isolatore	VERIFICHE ISOLATORI												SPOSTAM.		STATUS VERIFICHE				
	Filo	Nodo	Quota	Nodo	Quota	NmaxSis	NminSis	NRuSis	NmaxSt	NRuSta	Cmb	Max.	SLU	Sf.	Tra	Spo	Flag	Smor	RigEquiv
FIP D 180/700	1	34	0.20	11	0.00	-47428	-24503	100000	-54560	180000	17	152	350				OK	13	12250
FIP D 180/700	2	35	0.20	12	0.00	-46831	-23866	100000	-53582	180000	17	152	350				OK	13	12040
FIP D 180/700	6	39	0.20	4	0.00	-51548	-48163	100000	-76992	180000	17	149	350				OK	13	16981
FIP D 180/700	7	40	0.20	7	0.00	-52429	-48870	100000	-78181	180000	5	149	350				OK	13	17252
FIP D 180/700	14	47	0.20	16	0.00	-73607	-60341	100000	-107083	180000	33	145	350				OK	13	22812
FIP D 180/700	15	48	0.20	17	0.00	-72945	-59635	100000	-105972	180000	30	144	350				OK	13	22579
FIP D 180/700	3	68	4.00	36	3.20	-48807	-34394	100000	-64263	180000	24	167	350				OK	13	14170
FIP D 180/700	4	69	4.00	37	3.20	-76194	-58676	100000	-105958	180000	24	157	350				OK	13	22969
FIP D 180/700	5	70	4.00	38	3.20	-68340	-53821	100000	-96364	180000	33	151	350				OK	13	20804
FIP D 180/700	8	73	4.00	41	3.20	-67323	-54377	100000	-95993	180000	17	150	350				OK	13	20726
FIP D 180/700	9	74	4.00	42	3.20	-75006	-57641	100000	-104222	180000	30	155	350				OK	13	22590
FIP D 180/700	10	75	4.00	43	3.20	-49546	-35085	100000	-65371	180000	30	164	350				OK	13	14413
FIP D 180/700	11	76	4.00	44	3.20	-72570	-65250	100000	-108627	180000	24	168	350				OK	13	23471
FIP D 180/700	12	77	4.00	45	3.20	-84492	-82579	100000	-137822	180000	24	158	350				OK	13	28453
FIP D 180/700	13	78	4.00	46	3.20	-83696	-65061	100000	-121391	180000	24	150	350				OK	13	25334
FIP D 180/700	16	81	4.00	49	3.20	-83305	-65245	100000	-121259	180000	30	149	350				OK	13	25299
FIP D 180/700	17	82	4.00	50	3.20	-85170	-81770	100000	-137738	180000	18	156	350				OK	13	28430
FIP D 180/700	18	83	4.00	51	3.20	-72016	-65500	100000	-108411	180000	30	165	350				OK	13	23419
FIP D 180/700	19	84	4.00	52	3.20	-72469	-65331	100000	-108655	180000	24	171	350				OK	13	23468
FIP D 180/700	20	85	4.00	53	3.20	-83797	-82284	100000	-137059	180000	28	161	350				OK	13	28284
FIP D 180/700	21	86	4.00	54	3.20	-86006	-72018	100000	-130493	180000	24	152	350				OK	13	26912
FIP D 180/700	22	87	4.00	55	3.20	-84021	-82246	100000	-139427	180000	12	149	350				OK	13	28316
FIP D 180/700	23	88	4.00	56	3.20	-85822	-72521	100000	-130779	180000	30	151	350				OK	13	26967
FIP D 180/700	24	89	4.00	57	3.20	-84560	-81633	100000	-137160	180000	18	158	350				OK	13	28303
FIP D 180/700	25	90	4.00	58	3.20	-72040	-65670	100000	-108607	180000	30	167	350				OK	13	23452
FIP D 180/700	26	91	4.00	59	3.20	-48116	-34239	100000	-63869	180000	28	174	350				OK	13	14025
FIP D 180/700	27	92	4.00	60	3.20	-74555	-57730	100000	-104333	180000	8	167	350				OK	13	22529
FIP D 180/700	28	93	4.00	61	3.20	-68284	-54379	100000	-98484	180000	8	163	350				OK	13	20890
FIP D 180/700	29	94	4.00	62	3.20	-63456	-58783	100000	-97800	180000	12	161	350				OK	13	20818
FIP D 180/700	30	95	4.00	63	3.20	-68448	-54995	100000	-99094	180000	14	162	350				OK	13	21023
FIP D 180/700	31	96	4.00	64	3.20	-73221	-56592	100000	-102404	180000	2	165	350				OK	13	22108
FIP D 180/700	32	97	4.00	65	3.20	-48859	-34951	100000	-65004	180000	14	172	350				OK	13	14273

Verifica isolatori

Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it

Horae 2012 Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

CONTROLLO AMMISSIBILITA' DEL CALCOLO LINEARE SECONDO IL 7.10.5.2 DEL D.M 2008		
Peso sismico della sovrastruttura	(t)	2131.295
Sistema di isolamento a pendolo inverso con raggio di curvatura	(m)	3.715
Stato limite per il quale e' stata valutata la rigidezza orizzontale secante		UTENTE
Spostamento di riferimento per il calcolo della rigidezza	(m)	0.350
Coefficiente di attrito per carico verticale ultimo in condizioni sismiche		0.025
Attrito variabile con lo sforzo normale dell' isolatore		NO
Coefficiente di attrito equivalente del sistema di isolamento		0.025
Smorzamento viscoso equivalente del sistema di isolamento	(%)	13.351
Rigidezza equivalente secante orizzontale isolatori	(t/m)	725.935
Periodo equivalente di pura traslazione della sovrastruttura	(s)	3.437
Rigidezza secante al 20% dello spostamento di riferimento	(t/m)	1334.877
Rigidezza secante al 50% dello spostamento di riferimento	(t/m)	878.171
RISULTATI FINALI PER IL CONTROLLO DI AMMISSIBILITA'		
a) Rapporto fra (<u>Rigid.Secante</u>) e (<u>Rigid.Secante al 20%</u>) (verif. se $\geq 50\%$)	(%)	54.300
b) Smorzamento viscoso equivalente (verif. se $\leq 30\%$)	(%)	13.351
c) Caratteristiche forza - spostamento nel sistema di isolamento		-----
d) Incremento forza nel sistema di isolamento % peso sovra-struttura (verif. se $\geq 2.5\%$)	(%)	4.700

Verifica linearità

DATI PER PROVE DI ACCETTAZIONE
SU ISOLATORI A SCORRIMENTO A SUPERFICIE CURVA
in accordo a UNI EN 15129 § 8.3.4.2

Per ciascuna tipologia di isolatore installata in una struttura, il progettista dovrà fornire i seguenti tre valori di carico verticale, a cui verranno effettuate le prove di accettazione finalizzate alla determinazione statica del coefficiente d'attrito.

In assenza di tali dati, le prove di accettazione saranno effettuate a valori di carico verticale pari ad 1/3, 2/3 e 3/3 del massimo carico verticale in presenza di sisma sopportabile dall'isolatore.

Sigla isolatore:	
	(kN)
Spostamento orizzontale massimo sotto azione sismica allo SLC \tilde{V}_{max} (inteso come valore massimo tra tutti gli isolatori dello stesso tipo)	1105
Spostamento orizzontale massimo sotto azione sismica allo SLV \tilde{V}_{max} (inteso come valore massimo tra tutti gli isolatori dello stesso tipo)	1025
Carico verticale di esercizio (inteso come media dei carichi quasi-permanenti agenti sugli isolatori dello stesso tipo)	678

Prove di accettazione



Ringrossamento pilastri



Creazione del giunto



Foratura pilastri



Posizionamento barre filettate



Posizionamento martinetti



Taglio del pilastro



Messa in pressione tramite martinetto



Posizionamento piastra inferiore



Posizionamento piastra superiore



Inserimento isolatore

Horae 2012 *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it



Isolatore finito

Ing. Carlo Brondi - www.horae.it - c.brondi@horae.it

Horae 2012 *Software per la Progettazione Architettonica e Strutturale*

Tel. 075-5003198 Tel/fax 075-5004095 – www.horae.it - horae@horae.it

PER ULTERIORI INFORMAZIONI O CHIARIMENTI POTETE CONTATTARE TRAMITE SITO INTERNET O MAIL AI SEGUENTI INDIRIZZI

WWW.HORAE.IT
C.BRONDI@HORAE.IT
075-5003198

GRAZIE PER L'ATTENZIONE