

COMUNE DI DICOMANO

Provincia di Firenze

PROGRAMMA REGIONALE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI PUBBLICI STRATEGICI E RILEVANTI – VERIFICHE TECNICHE ORDINANZA P.C.M. 3362/04 E 3505/06 - DELIBERA G.R.T. N. 477/05 E S.M.I. E N.546/06 PALESTRA DELLA SCUOLA MEDIA “DESIDERIO DA SETTIGNANO” – VIALE DON GIOVANNI BOSCO, 25
INTEGRAZIONI: SPOGLIATOIO PALESTRA; ATRIO PALESTRA; COLLEGAMENTO PALESTRA.

Tecnico:

STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI INGEGNERIA
PROF. ING. ANDREA VIGNOLI – ING. CLAUDIO CONSORTI
Via F. Ferrucci n. 232 – 59100 Prato
Tel. e Fax. 0574.514173
E-mail: studio-ac@libero.it

ANALISI DI VULNERABILITA'

(classe d'uso IV)

Sommario

1. Introduzione	3
2. Azione sismica	6
3. Materiali	7
4. Analisi di vulnerabilità	23
5. Analisi allo SLU	28
6. Indice di rischio per lo SLV espresso in termini di periodo di ritorno	32
7. Indice di rischio per lo SLV espresso in termini di accelerazione	32
8. Conclusioni.....	33

1. Introduzione

La presente relazione ha lo scopo di descrivere l'analisi di vulnerabilità sismica condotta sugli edifici di collegamento tra la scuola media "Desiderio da Settignano" ed il corpo palestra/spogliatoi - corpo edifici D.



Planimetria generale della scuola

Il blocco D è così suddiviso:

- ✓ D1, corpo spogliatoi;
- ✓ D2, atrio di ingresso alla palestra ed agli spogliatoi;
- ✓ D3, corridoio di collegamento con la scuola.

L'edificio D1 ha una pianta rettangolare di dimensioni 11.0 m × 9.70 m circa e si sviluppa su un unico livello oltre al piano copertura. La struttura portante è costituita da telai in c.a. con travi a spessore 90×16 cm orditi lungo il lato corto della pianta. I pilastri hanno tutti sezione rettangolare 30×30 cm ed i solai sono in latero-cemento orditi parallelamente al lato lungo della pianta. L'altezza interna del locale spogliatoi misurata all'intradosso del solaio di copertura è di circa 303 cm.

L'edificio D2 ha una pianta rettangolare di dimensioni 6.60 m × 7.20 m circa e si sviluppa anch'esso su un unico livello oltre al piano copertura. La struttura portante è costituita da telai in c.a. con travi a spessore 90×16 cm orditi lungo il lato lungo della pianta. I pilastri hanno tutti sezione rettangolare 30×30 cm ed i solai sono in latero-cemento orditi parallelamente al lato corto della pianta. L'altezza interna dell'atrio misurata all'intradosso del solaio di copertura è di circa 462 cm.

L'edificio D3 ha una pianta rettangolare di dimensioni 10.60 m × 3.10 m circa e si sviluppa anch'esso su un unico livello oltre al piano copertura. Diversamente dai corpi D1 e D3, il livello di calpestio è costituito da un solaio posto ad un'altezza di circa 300 cm dalla quota del terreno. La struttura portante è costituita da telai in c.a. con travi a spessore 90×16 cm orditi lungo il lato corto della pianta. I pilastri hanno tutti sezione rettangolare 30×30 cm ed i solai sono in latero-cemento orditi parallelamente al lato lungo della pianta. L'altezza interna del corridoio misurata all'intradosso del solaio di copertura è di circa 300 cm.



Corpo D1



Corpo D2 e D3



Corpo D3

2. Azione sismica

L'azione sismica è stata determinata come previsto al capitolo n.3 delle NTC 2008.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche


Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



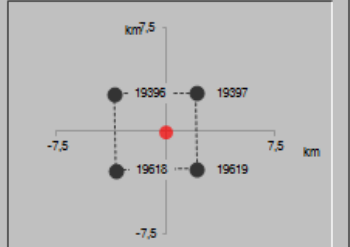
Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Coordinate del sito

I dati per il calcolo dell'azione sismica sono i seguenti:

Vita nominale	Classe d'uso	Coefficiente d'uso	Periodo di riferimento
V_N	C_U	[-]	V_R
50 anni	Classe IV	$C_U=2$	100 anni

Categoria terreno di fondazione	Categoria topografica	S_s	S_T	C_c
E	T_1	1.409	1.00	1.879

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.062	2.460	0.260
50	0.080	2.428	0.267
72	0.094	2.425	0.271
101	0.108	2.420	0.275
140	0.125	2.391	0.280
201	0.143	2.405	0.283
475	0.196	2.383	0.288
975	0.250	2.390	0.297
2475	0.332	2.420	0.318

Parametri della pericolosità sismica di base

3. Materiali

Le caratteristiche meccaniche dei materiali sono state indagate con due campagne di indagini eseguite nel 2005 e nel 2016. I risultati delle prove sono riportati nella tabella seguente:

CORPO	Elemento	I_r	V_{us} [m/s]	$R_{c,cub,sonreb}$ [kg/cm ²]	ϕ [cm]	h [cm]	$R_{c,carota}$ [kg/cm ²]	M_v [kg/m ³]	Carbonat. [cm]	$V_{us,carota}$ [m/s]	$R_{c,cub,stimata}$ [kg/cm ²]
SCUOLA MEDIA											
D1	P/PT/78/SO-C (P 11)	41	2695	184	7.33	15.43	121	2094	0.1-0.7	2692	142
D1	PIL PT 73 S (P 2)	37	2893	180							139
D1	PIL PT 79 S (P 6)	37	2669	161							122
D1	PIL PT 80 S (P 3)	37	2744	169							130
D1	P/PT/72/SO-C (P 5)	39	2470	150	9.44	20.75	82	2054	4-5.5	2708	113
D1	P/PT/78/SO (P 11)	40	2614	167	-	-	-	-	-	-	128
D2	P/PT/81/SO (P 36)	39	2817	184							143
D2	PT/PIL31	33	3222.4	191	1.00	2.00	99	2164	3.2		149
D2	PT/PIL35	33	3153.2	183	1.00	2.00	85	2142	4.3		142
D3	P/PT/88/SO (P 22)	39	2746	177	-	-	-	-	-	-	137
D3	PF/PIL25	29	3022	147	1.00	2.00	109	2121	5.5		111
D3	PF/PIL22	30	3201	172							132
D3	PF/PIL23	30	3136	164							125
D3	PT/PIL30	30	3437	190	1.00	2.00	130	2097	3.5		148

Considerando la media dei valori ottenuti dall'interpretazione delle prove si ottengono i seguenti valori:

corpo D1 $R_{C,media,sonreb} = 130 \text{ kg/cm}^2$

corpo D2 $R_{C,media,sonreb} = 144 \text{ kg/cm}^2$

corpo D3 $R_{C,media,sonreb} = 131 \text{ kg/cm}^2$

Si assume per tutti i corpi un calcestruzzo con $R_{CK} = 130 \text{ kg/cm}^2$.

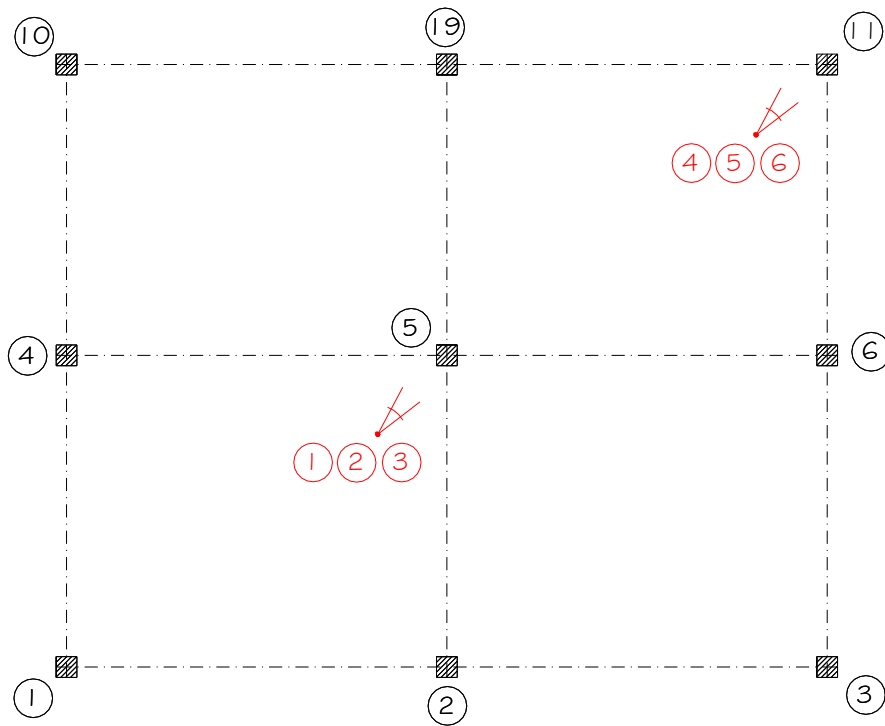
Per quanto riguarda le armature si assume la tipologia di acciaio FeB44k ad aderenza migliorata per i ferri longitudinali ed un acciaio FeB32K per le staffe.

Con il livello di conoscenza LC2 raggiunto si hanno le seguenti resistenze:

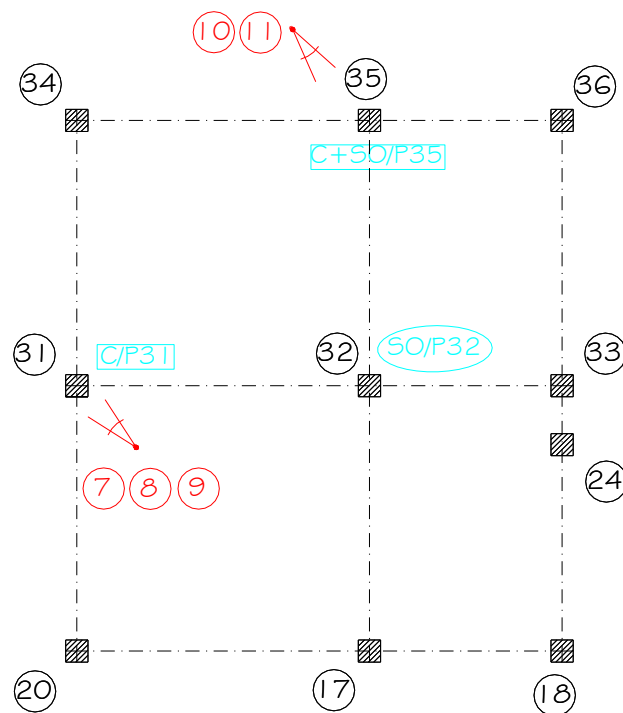
<u>CLS</u>		Meccanismi duttili	Meccanismi fragili
R _{ck}	f _{ck}	f _{cd}	f _{cd}
[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
130	107.9	89.92	59.94

<u>ACCIAIO</u>		Meccanismi duttili	Meccanismi fragili
	f _{yk}	f _{yd}	f _{yd}
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
FeB44K ferri longitudinali	4300	3583.33	.
FeB32K staffe	3200	-	2318.84

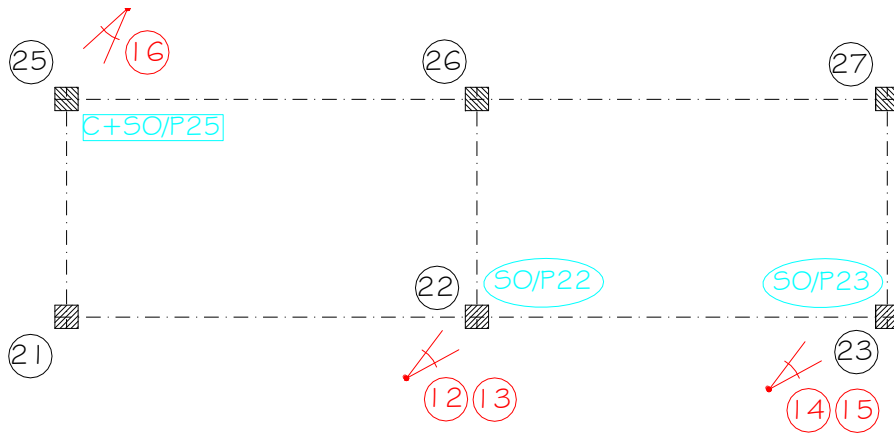
Si riporta l'indicazione di alcuni saggi significativi tra quelli eseguiti.



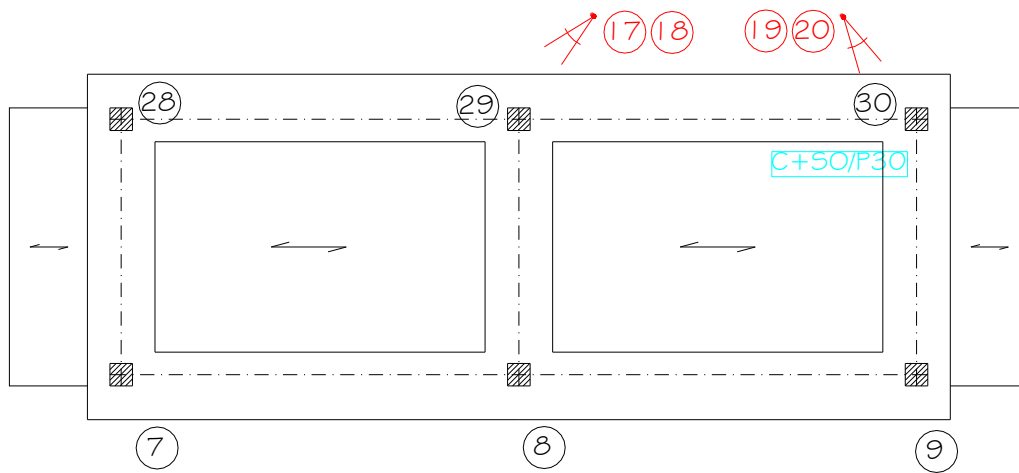
Corpo D1 – piano fondazione – punti di ripresa fotografici



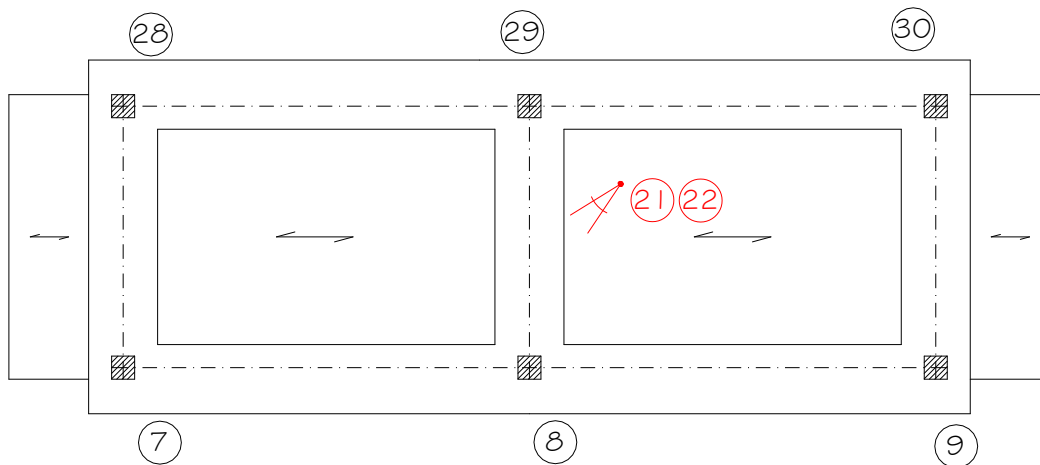
Corpo D2 – piano fondazione – punti di ripresa fotografici (rosso) e indagini (ciano)



Corpo D3 – piano fondazione – punti di ripresa fotografici (rosso) e indagini (ciano)



Corpo D3 – piano terra – punti di ripresa fotografici (rosso) e indagini (ciano)



Corpo D3 – piano copertura – punti di ripresa fotografici



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12



Foto 13



Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17



Foto 18



Foto 19



Foto 20



Foto 21



Foto 22



Foto 23

4. Analisi di vulnerabilità

Per l'analisi di vulnerabilità sono stati utilizzati dei modelli agli elementi finiti mediante il software di calcolo ModeSt.

L'analisi ha lo scopo di determinare il tempo di ritorno di capacità dell'azione sismica necessario per calcolare l'indice di rischio sismico così definito:

$$R_{CD} = \left(\frac{T_{R,C}}{T_{R,D}} \right)^{0.41}$$

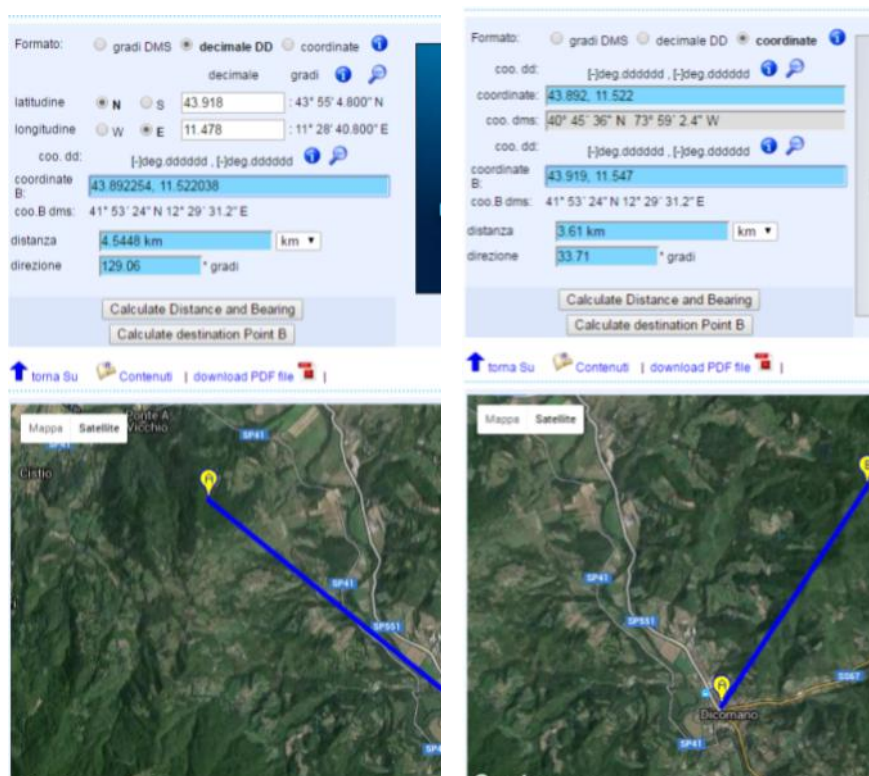
dove:

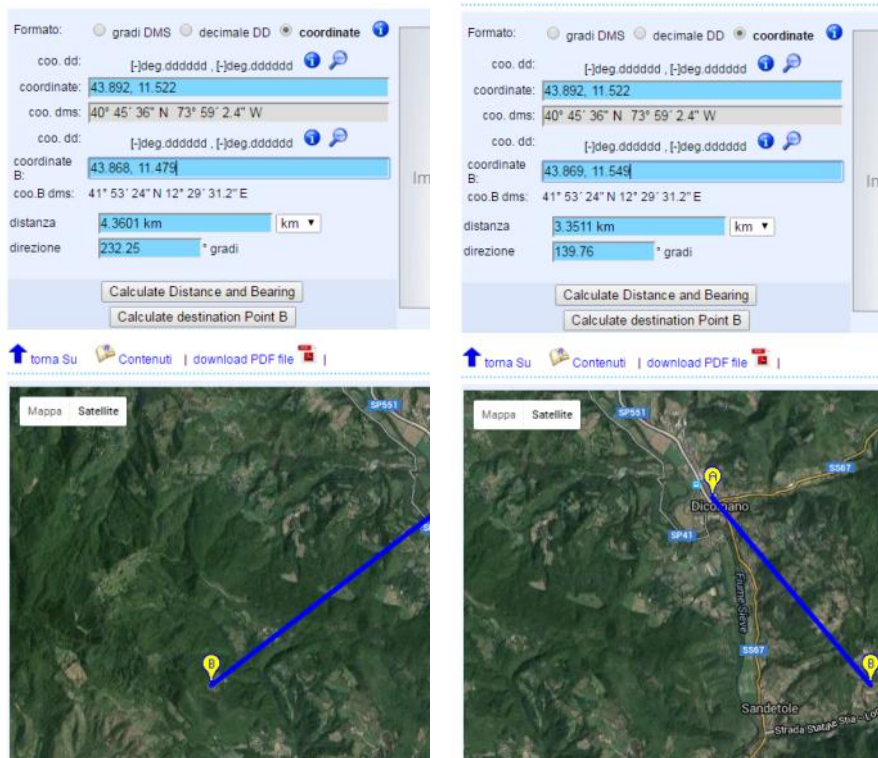
- ✓ $T_{R,C}$ è il tempo di ritorno di capacità valutato con l'analisi;
- ✓ $T_{R,D}$ è il tempo di ritorno di domanda relativo allo stato limite indagato (975 anni allo SLV).

Si è proceduto quindi alla riduzione dei tempi di ritorno dell'azione sismica allo SLV facendo quindi variare i parametri a_g , F_0 e T_C^* fino a determinare il tempo di ritorno di capacità.

Per fare questo si è proceduto ad applicare le espressioni di interpolazione dell'allegato A delle NTC 2008.

Si riporta di seguito il calcolo delle distanze intercorrenti tra il sito in esame ed i quattro vertici del reticolo.

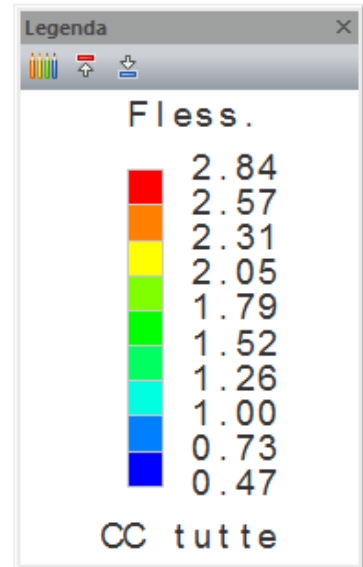
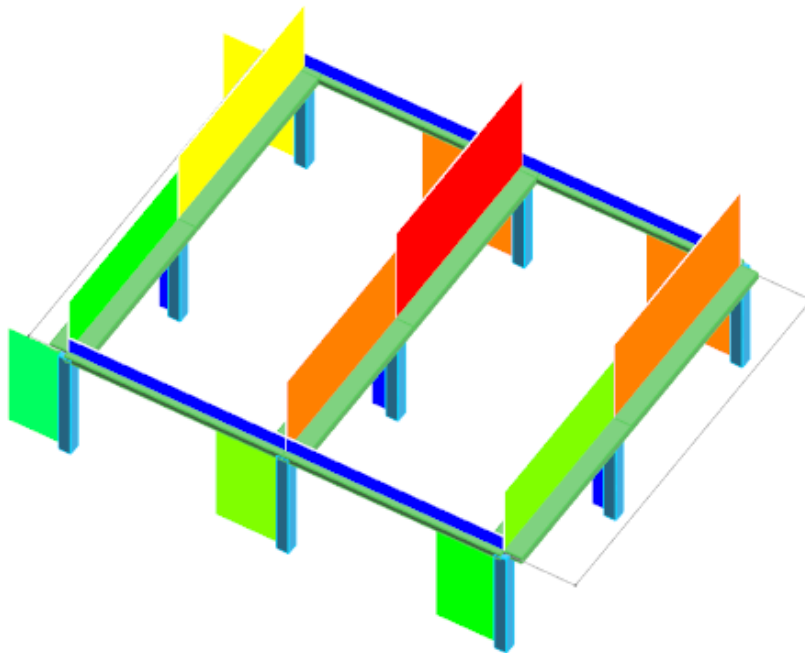




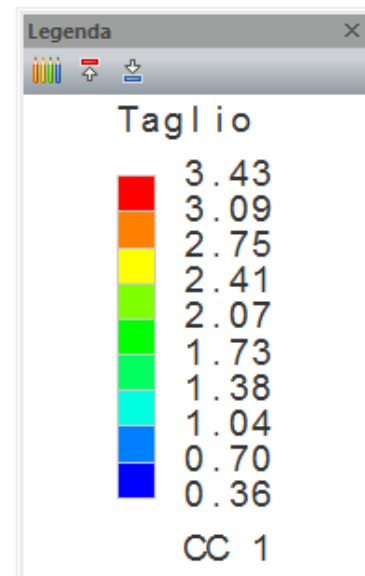
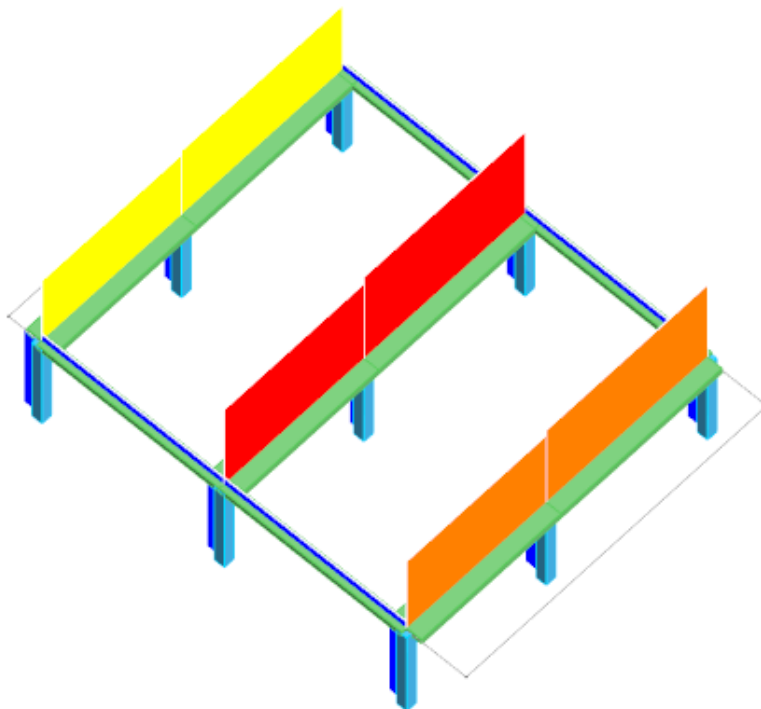
Distanze dai nodi del reticolo

La procedura ha portato a ridurre lo spettro fino al minimo di normativa, ovvero quello con $T_R = 30$ anni. Si riporta di seguito l'esito delle verifiche per i diversi corpi di fabbrica:

CORPO D1

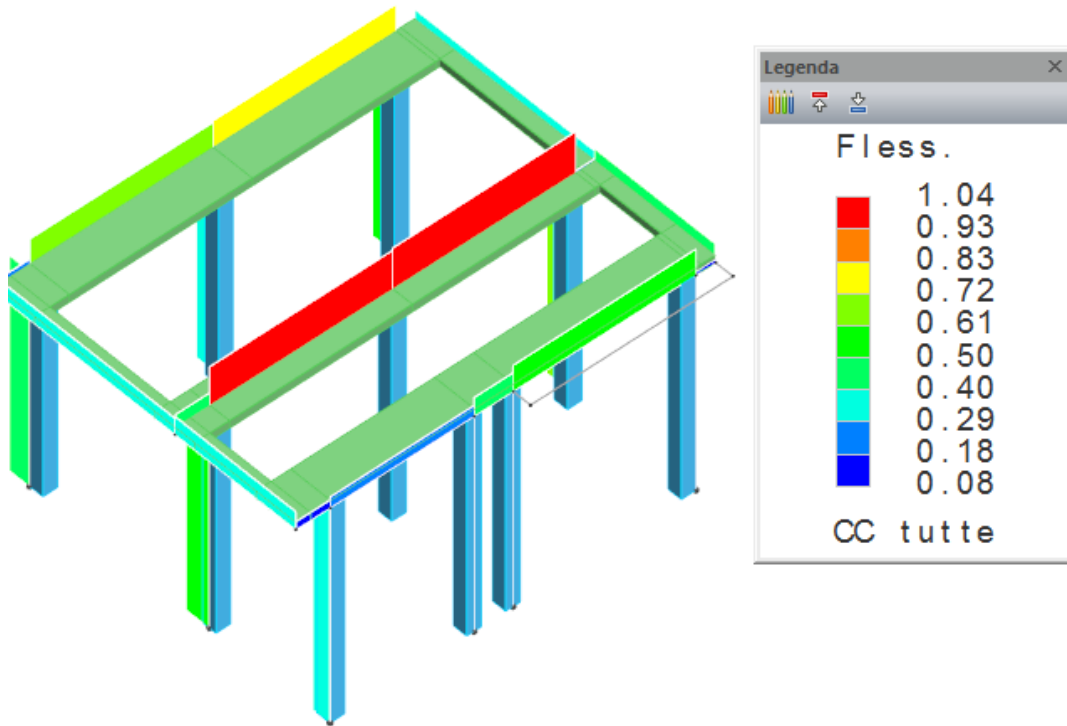


Corpo D1 tassi di sfruttamento meccanismi duttili
(modello CORPO D1_AC_DUTT TR 30_R1)

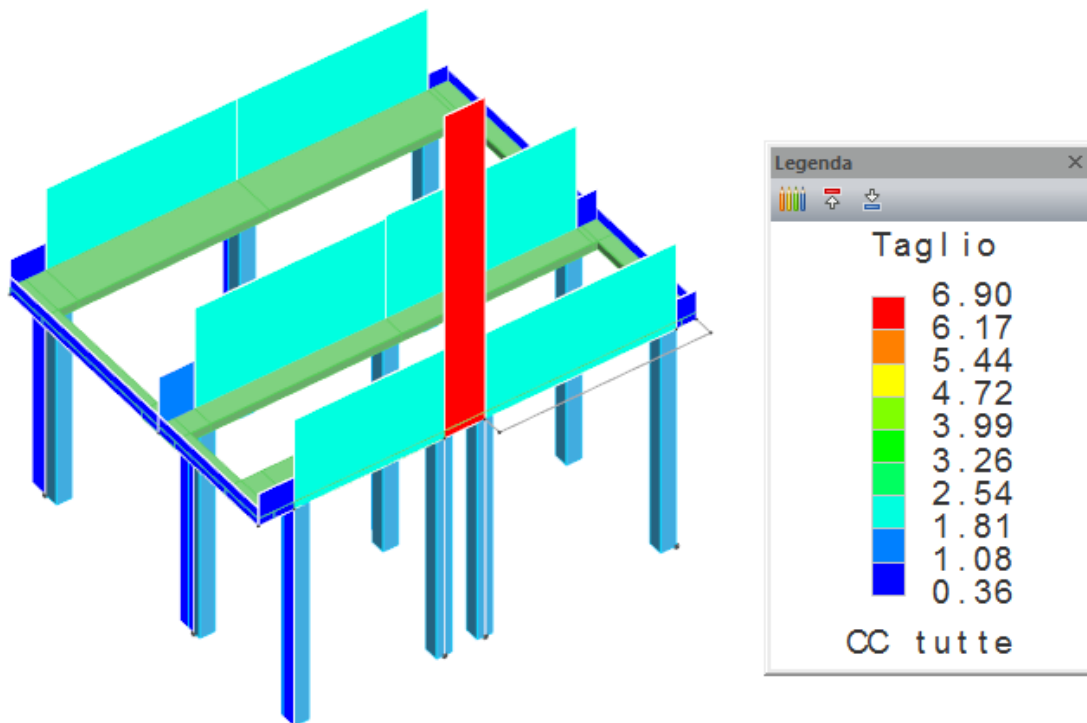


Corpo D1 tassi di sfruttamento meccanismi fragili
(modello CORPO D1_AC_FRAG TR 30_R1)

CORPO D2

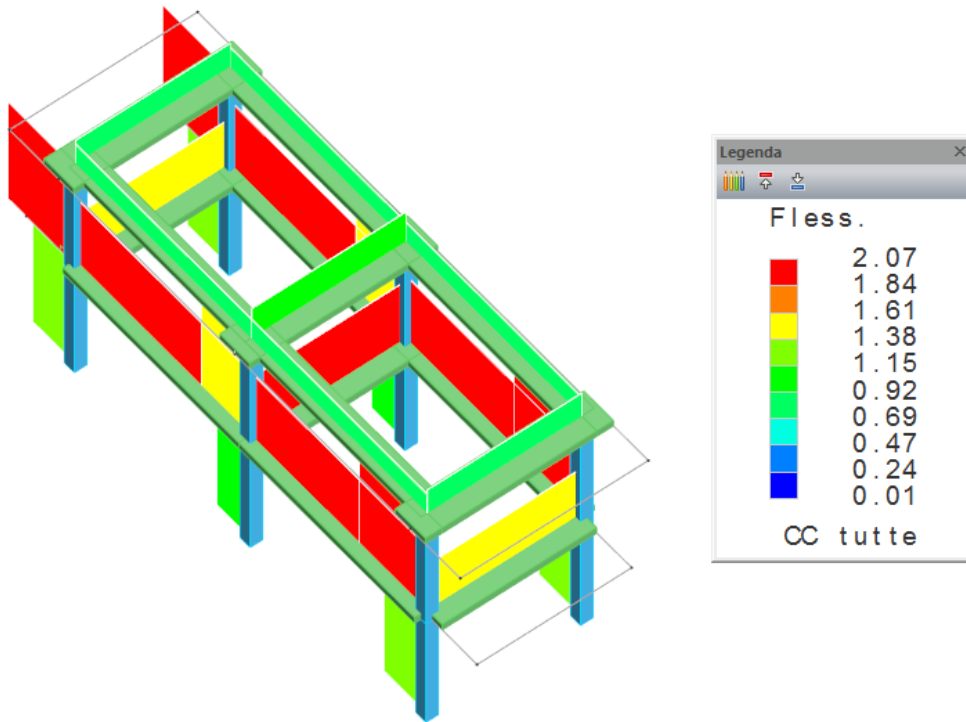


Corpo D2 tassi di sfruttamento meccanismi duttili
(modello CORPO D2_A_DUTT TR 30_R1)

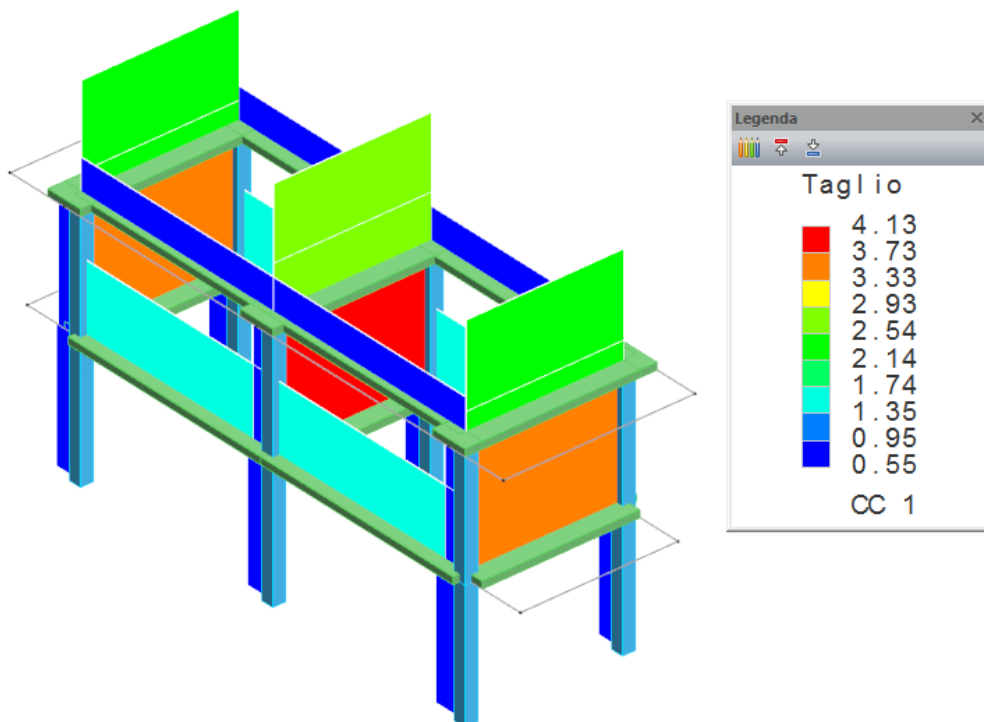


Corpo D2 tassi di sfruttamento meccanismi fragili
(modello CORPO D2_A_FRAG TR 30_R1)

CORPO D3



Corpo D3 tassi di sfruttamento meccanismi duttili
(modello CORPO D3_A_DUTT TR 30_R1)



Corpo D3 tassi di sfruttamento meccanismi fragili
(modello CORPO D3_A_FRAG TR 30_R1)

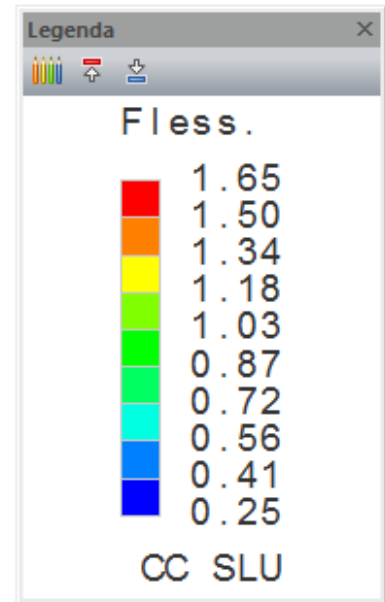
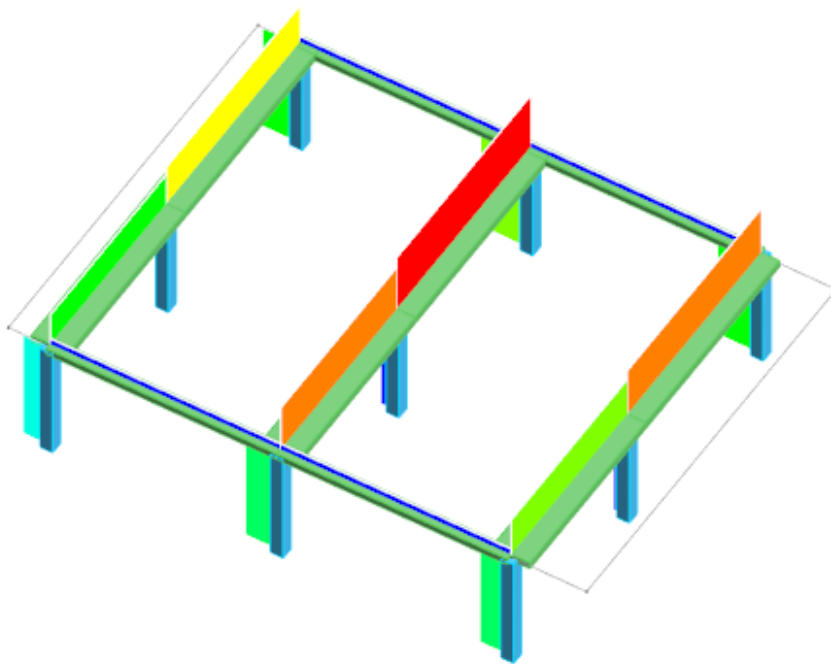
Pertanto per il corpo edifici D il tempo di ritorno di capacità allo SLV è pari a 30 anni e quindi il valore dell'indice di rischio sismico è il seguente:

Stato limite	$T_{R,C}$	$V_{N,C}$	R_{CD}
	<i>[anni]</i>	<i>[anni]</i>	<i>[-]</i>
SLV	30	2.11	0.273

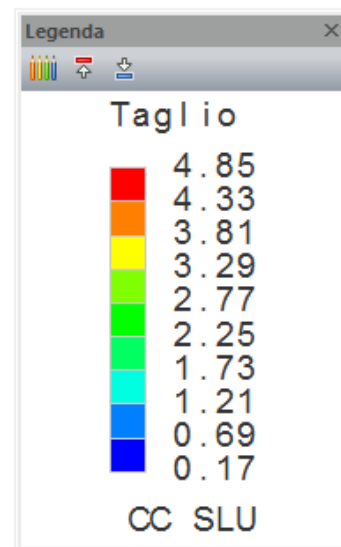
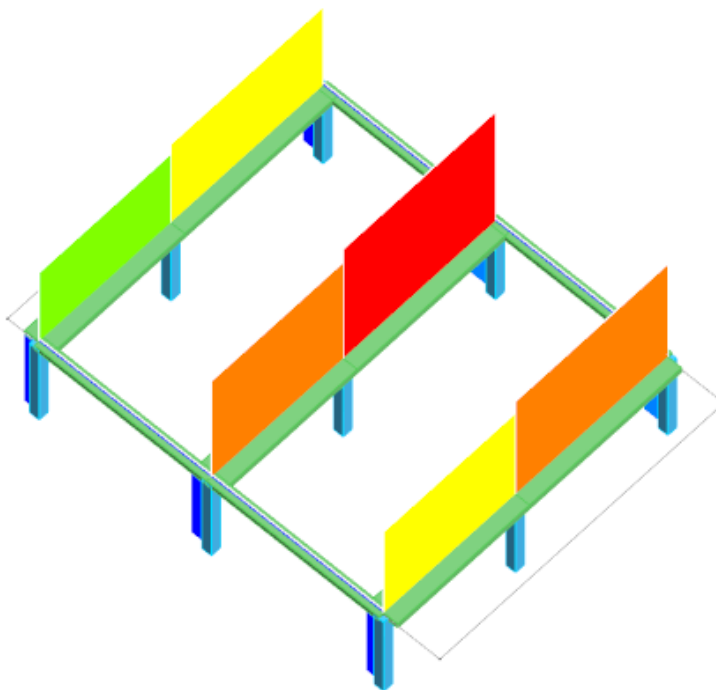
5. Analisi allo SLU

Si riporta di seguito l'esito delle verifiche a carichi verticali in termini di tassi di sfruttamento dei vari elementi strutturali.

CORPO D1

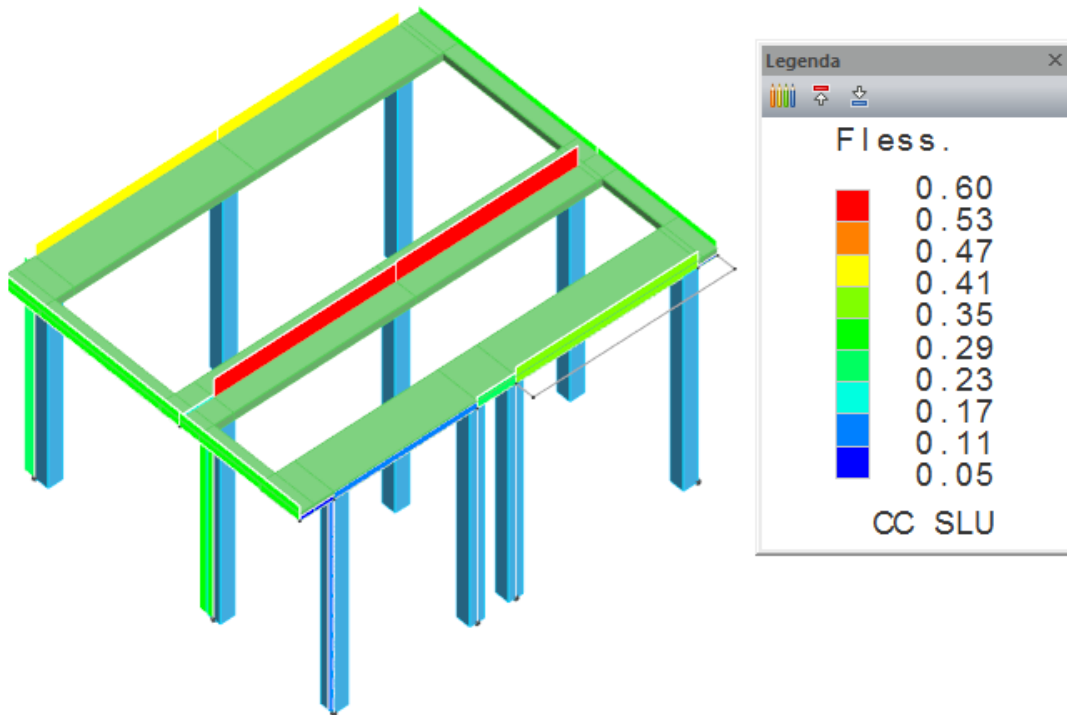


Corpo D1 tassi di sfruttamento SLU a flessione e pressoflessione (modello CORPO D1_AC_DUTT TR 30_R1)

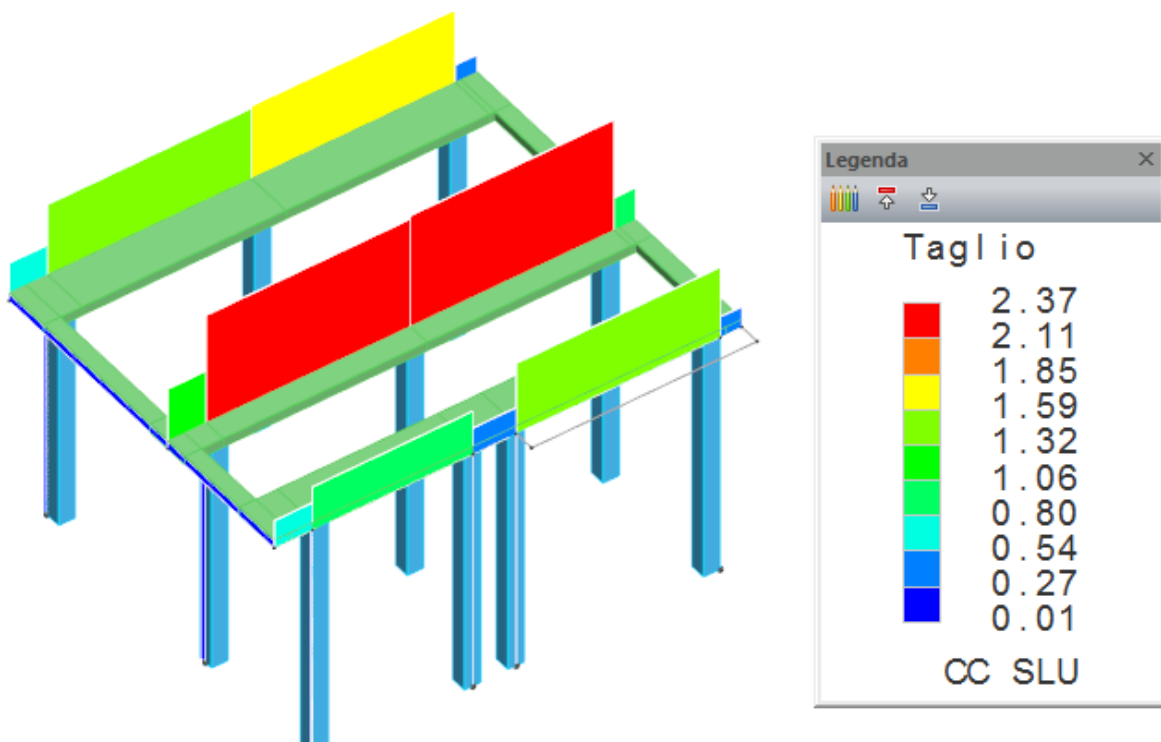


Corpo D1 tassi di sfruttamento SLU a taglio (modello CORPO D1_AC_FRAG TR 30_R1)

CORPO D2

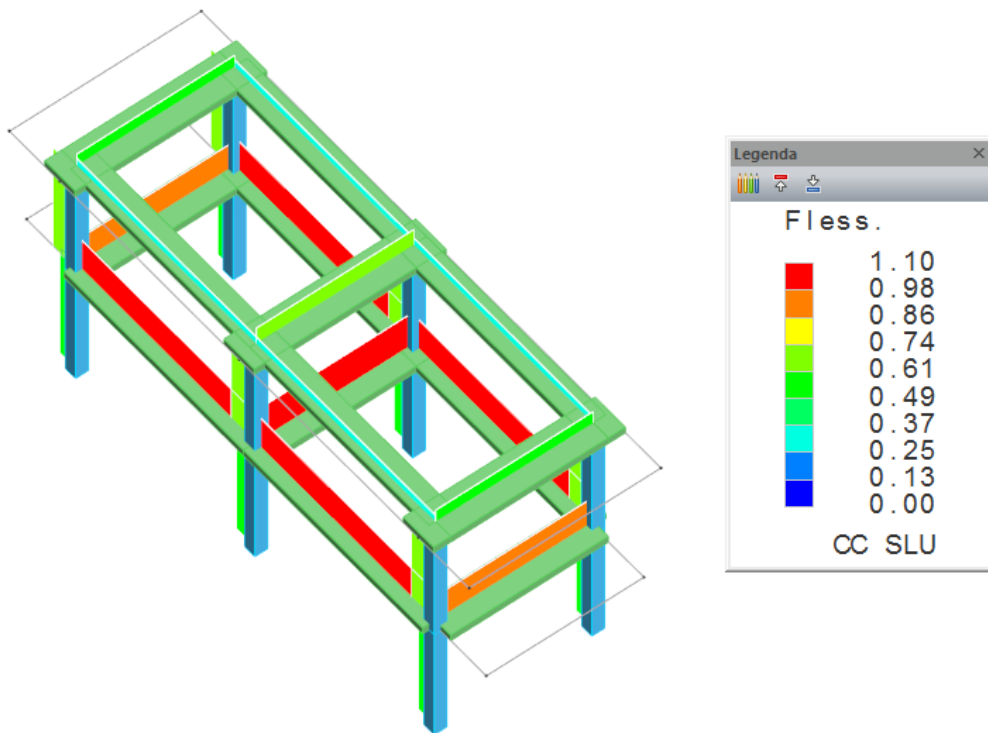


Corpo D2 tassi di sfruttamento SLU a flessione e pressoflessione
(modello CORPO D2_A_DUTT TR 30_R1)

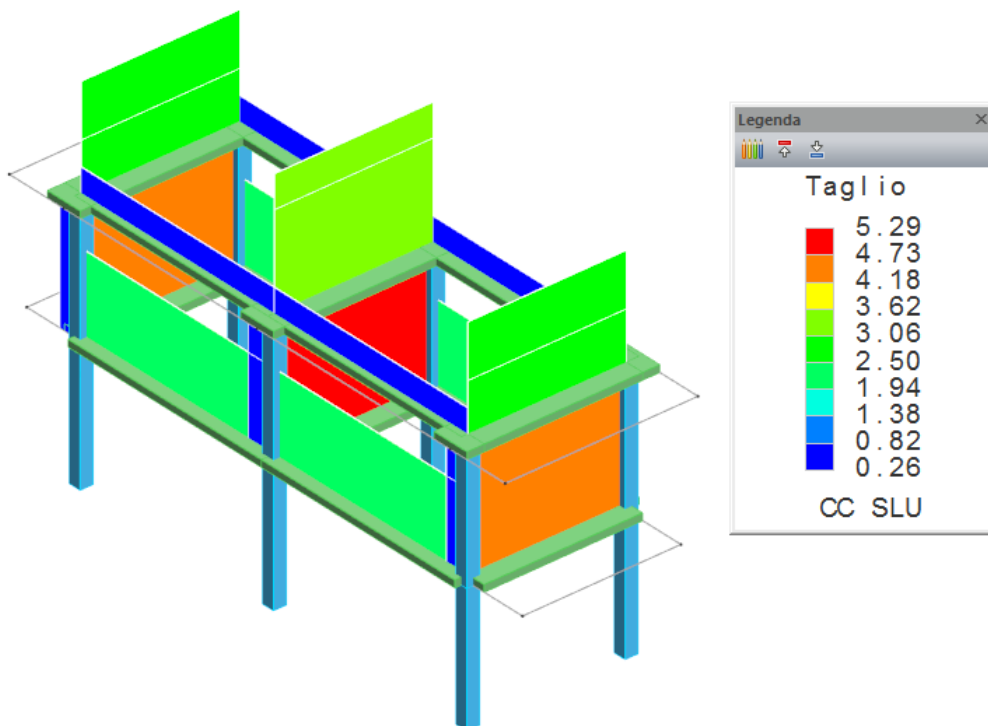


Corpo D2 tassi di sfruttamento SLU a taglio
(modello CORPO D2_A_FRAG TR 30_R1)

CORPO D3



Corpo D3 tassi di sfruttamento SLU a flessione e pressoflessione
(modello CORPO D3_A_DUTT TR 30_R1)



Corpo D3 tassi di sfruttamento SLU a taglio
(modello CORPO D3_A_FRAG TR 30_R1)

Come si vede le verifiche risultano in gran parte non soddisfatte con tassi di sfruttamento che assumono valore massimo di 1.65 per le verifiche di flessione/presso-flessione e 5.29 per le verifiche a taglio.

6. Indice di rischio per lo SLV espresso intermini di periodo di ritorno

L'analisi di vulnerabilità sismica ha portato a determinare un tempo di ritorno di capacità dell'azione sismica inferiore a 30 anni. Sarebbe necessario quindi stimare i parametri di definizione dell'azione sismica per valori del periodo di ritorno minori, ma la normativa non permette di calcolare a_g , F_0 e T_C^* per valori di $T_R < 30$ anni; si assume quindi come limite superiore il valore $T_R = 30$ anni.

T _R =30 anni		
a _g	F ₀	T _C *
0.62017	2.46274	0.26000

Si riporta di seguito la determinazione della vita nominale corrispondente al periodo di ritorno in termini di capacità ed il calcolo dell'indice di rischio per lo SLV espresso in termini di periodo di ritorno:

SLV		
T _R =	30	anni
P _{VR} =	10	%
V _R =	3.16	anni
C _U =	2	
V _N =	1.58	anni
T _{R,D} =	975	anni
T _{R,C} =	30	anni
α=	0.41	
R _{C,D} =	0.240	

7. Indice di rischio per lo SLV espresso in termini di accelerazione

L'analisi di vulnerabilità sismica ha portato a determinare un tempo di ritorno di capacità dell'azione sismica inferiore a 30 anni.

T _R =30 anni		
a _g	F ₀	T _C *
0.62017	2.46274	0.26000

Si riporta di seguito il calcolo dell'indice di rischio per lo SLV espresso in termini di accelerazione:

SLV		
PGA, _c	0.062017	g
PGA, _D	0.25	g
(PGA, _c /PGA, _D)	0.2481	

8. Conclusioni

Gli edifici del corpo D mostrano delle carenze anche allo SLU in quanto le verifiche non sono soddisfatte per carichi verticali, in particolare modo le verifiche a taglio sulle travi nelle quali le staffe sono realizzate con ferri lisci.

Si rileva che per tutti gli edifici il calcestruzzo presenta scarsa qualità ed inoltre non risulta strutturale in quanto ai sensi del par. 4.1 Costruzioni in calcestruzzo del DM 2008 la minima resistenza richiesta per strutture in calcestruzzo armate è di 200 kg/cm².

Prato, 03 Febbraio 2017

Il tecnico
Ing. Claudio Consorti