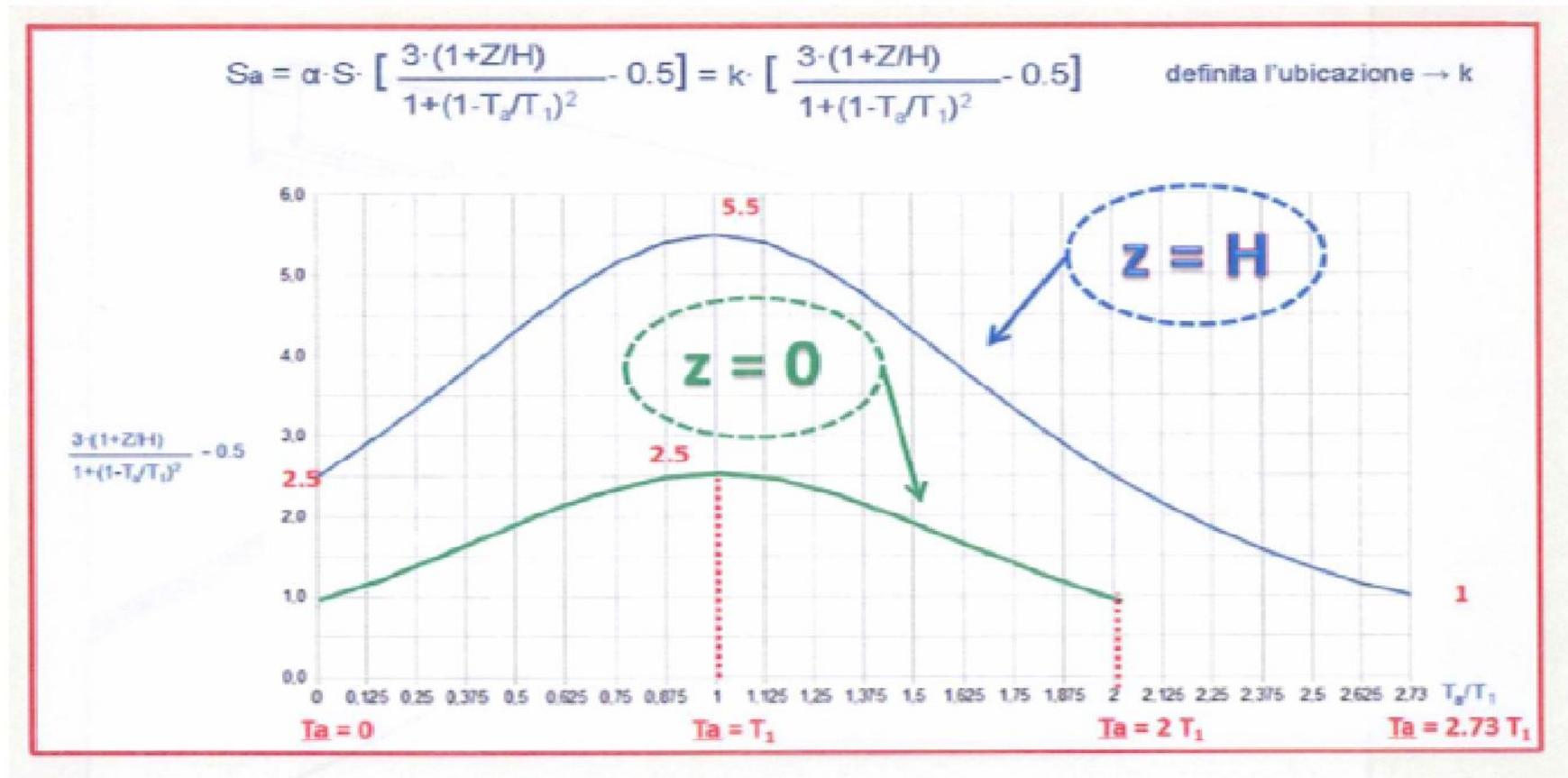




VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

$$z = 0 \left[\frac{3(1+z/H)}{1+(1-T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] = 1 \text{ se } T_a = T_{a,Smin} = 2 T_1$$

$$z = H \left[\frac{3(1+z/H)}{1+(1-T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] = 1 \text{ se } T_a = T_{a,Smin} = 2.73 T_1$$





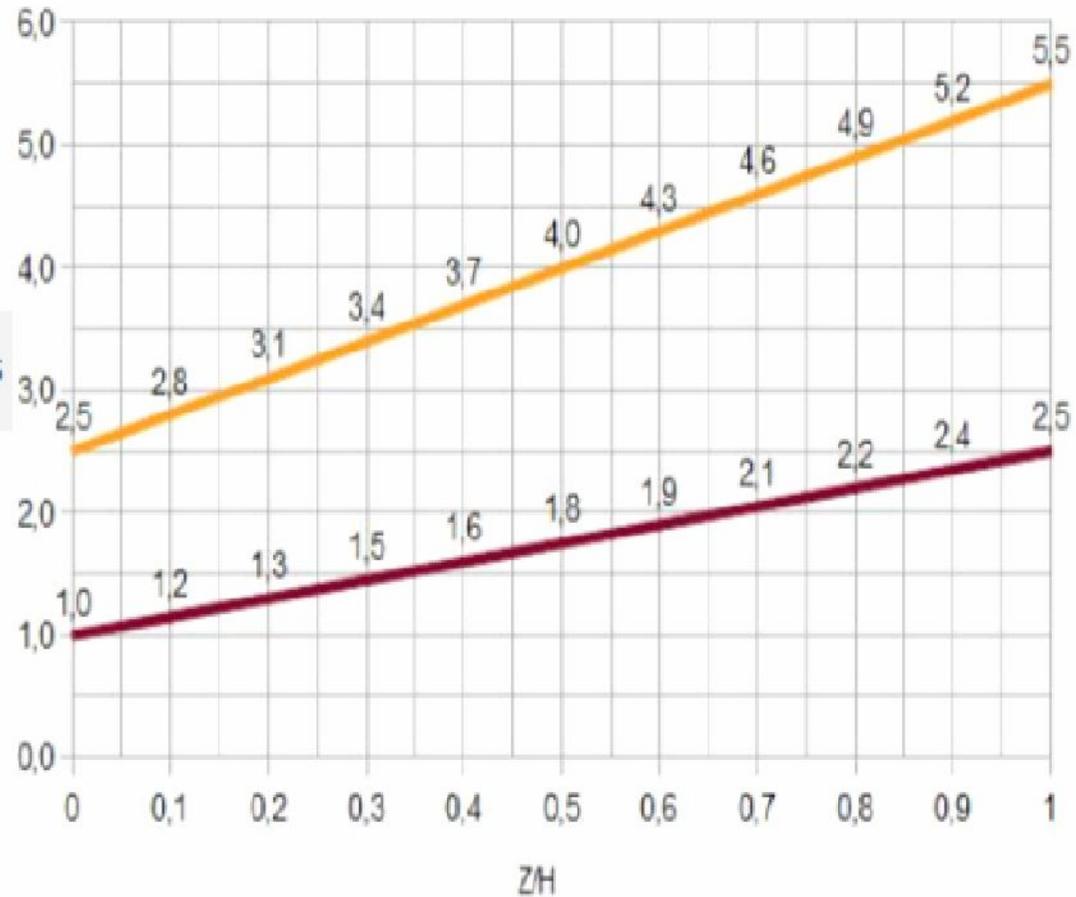
VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI



2.5+5.5

$$\frac{3 \cdot (1+Z/H)}{1+(1-T_a/T_1)^2} - 0.5$$

1+2.5



$T_a = T_1$

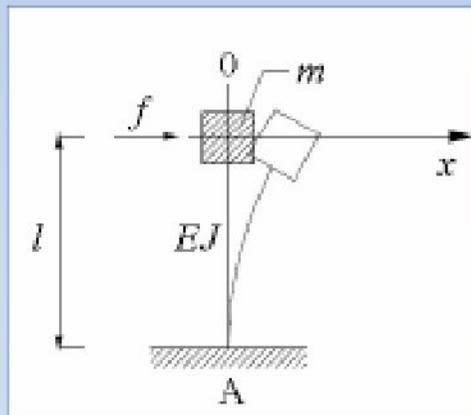
$T_a = 0$



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

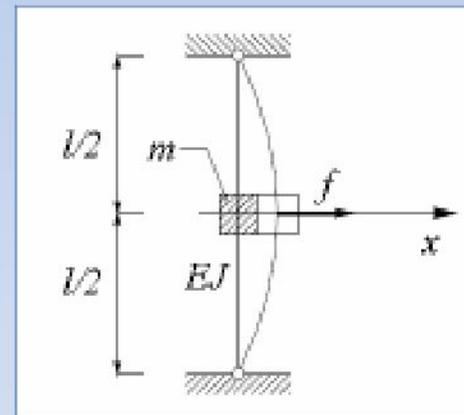
Ta Periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale

Lo studio del problema della determinazione del periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale può esemplificarsi adottando degli schemi a mensola o a trave appoggiata in cui la massa risulti concentrata in corrispondenza della parte flessibile



parapetti, ciminiere, antenne,
serbatoi, armadi e librerie

$$T_a = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J}}$$



pareti interne ed esterne,
tramezzature e facciate

$$T_a = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J}}$$



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

T1 Periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata

Per costruzioni civili o industriali che **non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza**, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4} \quad (7.3.5)$$

dove:

- H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione
- C_1 vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0,075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato e 0,050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

Il Paragrafo 7.2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI **IMPIANTI** fornisce indicazioni utili per la progettazione e l'installazione antisismica :

Dei dispositivi di alimentazione

Degli impianti

Degli elementi strutturali (come elementi costruttivi senza funzione strutturale) che collegano gli impianti tra loro e alla struttura principale



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

7.2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE **DEGLI IMPIANTI**

Ciascun elemento di un impianto che ecceda il 30% del carico permanente totale del solaio su cui è collocato o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura, non ricade nelle prescrizioni successive e richiede uno specifico studio. **Gli elementi strutturali che sostengono e collegano i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto tra loro e alla struttura principale devono essere progettati seguendo le stesse regole adottate per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale** ed illustrate nel paragrafo precedente.

L'effetto dell'azione sismica sull'impianto, in assenza di determinazioni più precise, può essere valutato considerando una forza (F_a) applicata al baricentro di ciascuno degli elementi funzionali componenti l'impianto, calcolata utilizzando le equazioni (7.2.1) e (7.2.2). Gli eventuali componenti fragili debbono essere progettati per avere resistenza doppia di quella degli eventuali elementi duttili ad essi contigui, ma non superiore a quella richiesta da un'analisi eseguita con fattore di struttura q pari ad 1. Gli impianti non possono essere vincolati alla costruzione contando sull'effetto dell'attrito, bensì debbono essere collegati ad essa con dispositivi di vincolo rigidi o flessibili; gli impianti a dispositivi di vincolo flessibili sono quelli che hanno periodo di vibrazione $T \geq 0,1s$. Se si adottano dispositivi di vincolo flessibili i collegamenti di servizio dell'impianto debbono essere flessibili e non possono far parte del meccanismo di vincolo. Deve essere limitato il rischio di fuoriuscite incontrollate di gas, particolarmente in prossimità di utenze elettriche e materiali infiammabili, anche mediante l'utilizzo di dispositivi di interruzione automatica della distribuzione del gas. I tubi per la fornitura del gas, al passaggio dal terreno alla costruzione, debbono essere progettati per sopportare senza rotture i massimi spostamenti relativi costruzione terreno dovuti all'azione sismica di progetto.



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

C7.2.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE **DEGLI IMPIANTI**

In aggiunta a quanto già indicato nelle NTC, si segnala che i corpi illuminanti debbono essere dotati di dispositivi di sostegno tali da impedirne il distacco in caso di terremoto; in particolare, se montati su controsoffitti sospesi, devono essere efficacemente ancorati ai sostegni longitudinali e trasversali del controsoffitto e non direttamente ad esso.

Alcune indicazioni aggiuntive relative agli impianti sono riportate nell'Appendice C8I al presente documento, relativa al Cap.C8 **(Costruzioni esistenti)**.

IL CONTENIMENTO DEL DANNO



IL MANTENIMENTO DELLA FUNZIONALITA'





BOZZA NTC 2013

La capacità dei diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare.

E' compito del **progettista della struttura** individuare la domanda, mentre è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata.



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

C8A.9. INDICAZIONI AGGIUNTIVE PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E GLI IMPIANTI SOGGETTI AD AZIONI SISMICHE

I danni causati dal terremoto ai componenti e ai sistemi non strutturali sono stati una fonte di grande preoccupazione per diversi decenni. Mentre ci sono stati notevoli miglioramenti nella risposta dei sistemi strutturali resistenti alle forze laterali, i terremoti hanno continuato a rivelare la poca attenzione prestata all'ancoraggio e al controventamento dei componenti e dei sistemi non strutturali. Persino nei casi in cui i terremoti hanno causato danni di piccola entità o addirittura nulli ai sistemi strutturali degli edifici, i componenti non strutturali hanno subito danni estesi, soprattutto a causa di un ancoraggio o controventamento impropri. I danni sismici alle installazioni non strutturali non solo possono risultare costosi, ma possono anche rendere la struttura inutilizzabile per un periodo di tempo che può variare da alcune settimane a diversi mesi. L'ancoraggio ed il controventamento corretti dei componenti e dei sistemi non strutturali è cruciale in strutture strategiche, come gli ospedali, e possono contribuire a che questi servizi siano disponibili e utilizzabili subito dopo una calamità.



VERIFICHE di SICUREZZA

Funzionalità degli
impianti

CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI
E ACCELERAZIONI
in Classe d'uso III e IV per SLO

CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI
In Classe d'uso I e II per SLD se lo
spostamento interpiano $\geq 0.005 h$

Resistenza dei
sostegni e
collegamenti degli
impianti

CALCOLO DELLE FORZE
in Classe d'uso I II III IV per
SLV



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

Tabella
C7.1.1

SL	Descrizione della prestazione	Riferimento Norme	Classe d'uso			
			I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2			x	x
	Funzionalità degli impianti	§ 7.3.7.3			x	x
SLD	Resistenza degli elementi strutturali	§ 7.3.7.1			x	x
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	§ 7.3.7.2	x	x		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	§ 7.2.2	x	x	x	x
	Resistenza delle strutture	§ 7.3.6.1	x	x	x	x
	Duttilità delle strutture	§ 7.3.6.2	x	x	x	x
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	§ 7.3.6.3	x	x	x	x
	Stabilità del sito	§ 7.11.3	x	x	x	x
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	§ 7.11.4	x	x	x	x
	Resistenza del sistema fondazione-terreno	§ 7.11.5.3	x	x	x	x
	Stabilità dei muri di sostegno	§ 7.11.6.2.2	x	x	x	x
	Stabilità delle paratie	§ 7.11.6.3.2	x	x	x	x



C7.3.6.3 Verifiche degli elementi non strutturali e degli impianti

La prestazione consistente nell'evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della F_a delle tamponature si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero con l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.

C7.3.7 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Per le verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza, di cui al § 7.3.7.1 delle NTC, nello spettro allo SLD va considerato un valore $\eta=2/3$ per tenere in conto la sovraresistenza degli elementi strutturali. Per la valutazione degli spostamenti finalizzati alle verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali, di cui al § 7.3.7.2 delle NTC, si pone sempre $\eta=1$ in quanto, anche nel caso in cui si verificasse un limitato danneggiamento di alcuni elementi strutturali, si assume comunque che gli spostamenti complessivi della costruzione siano pari a quelli calcolati nell'ipotesi di struttura elastica.



7.3.7 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali, degli elementi non strutturali e degli **impianti** si effettuano rispettivamente in termini di resistenza, di contenimento del danno e di **mantenimento della funzionalità**

7.3.7.2 Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali

Per le costruzioni ricadenti in **classe d'uso I e II** si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca agli elementi costruttivi senza funzione strutturale danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle **costruzioni civili e industriali**, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi interpiano, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli **spostamenti interpiano** ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo **SLD** (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori ai limiti indicati nel seguito



VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

a) per tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa

$$d_r < 0,005 h \quad (7.3.16)$$

b) per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:

$$d_r \leq d_{rp} \leq 0,01 h \quad (7.3.17)$$

c) per costruzioni con struttura portante in muratura ordinaria

$$d_r < 0,003 h \quad (7.3.18)$$

d) per costruzioni con struttura portante in muratura armata

$$d_r < 0,004 h \quad (7.3.19)$$

dove:

d_r è lo spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, calcolati secondo i §§ 7.3.3 o 7.3.4,

h è l'altezza del piano.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamenti o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli **spostamenti di interpiano** siano **superiori a 0,005 h** (caso b) le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutti i tamponamenti, alle tramezzature interne ed agli **impianti**.



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

Per le costruzioni ricadenti in **classe d'uso III e IV** si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

Nel caso delle **costruzioni civili e industriali** questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli **spostamenti interpiano** ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo **SLO** (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano **inferiori ai 2/3** dei limiti in precedenza indicati.

Facendo un piccolo calcolo si ottengono questi valori di spostamento

$dr < 0.0033 h$	tamponamenti collegati rigidamente alla struttura
$dr < 0.0067 h$	tamponamenti deformabili
$dr < 0.0020 h$	struttura portante in muratura ordinaria
$dr < 0.0024 h$	struttura portante in muratura armata

Per $h = 320$ cm, tamponamenti rigidi $dr = 11$ mm



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

7.3.7.3 Verifiche degli impianti in termini di mantenimento della funzionalità

Per le costruzioni ricadenti in **classe d'uso III e IV**, si deve verificare che gli **spostamenti strutturali o le accelerazioni** (a seconda che gli impianti siano più o meno vulnerabili per effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo **SLO** non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

CLASSE DI USO III

COSTRUZIONI RILEVANTI:

- CON AFFOLLAMENTO SIGNIFICATIVO: SCUOLE, TEATRI, UFFICI PUBBLICI
- A RISCHIO DI DANNO AMBIENTALE: IMPIANTI PERICOLOSI
- A RISCHIO DI DANNO AL PATRIMONIO CULTURALE: MUSEI, CHIESE

INFRASTRUTTURE RILEVANTI:

- GRANDE VIABILITA' STRADALE E FERROVIARIA
- GRANDI DIGHE

CLASSE DI USO IV

COSTRUZIONI STRATEGICHE:

- CON FUNZIONI DI COMANDO, SUPPORTO LOGISTICO E OSPEDALIERO: ORGANISMI GOVERNATIVI, VIGILI DEL FUOCO, CROCE ROSSA, VOLONTARIATO DI PROTEZIONE CIVILE

INFRASTRUTTURE STRATEGICHE:

- AUTOSTRADE, AEROPORTI, GASDOTTI, RETE ELETTRICA



8 COSTRUZIONI ESISTENTI

8.2 CRITERI GENERALI

[...]

Nel caso di interventi non dichiaratamente strutturali (**impiantistici** di redistribuzione degli spazi, ecc) dovrà essere valutata la loro possibile interazione con gli SLU e gli SLE della struttura o parti di essa.[...]

C8A.9.1 INDIVIDUAZIONE DEI COMPONENTI NON STRUTTURALI CHE RICHIEDONO UNA VALUTAZIONE SISMICA

La scelta dei componenti non strutturali da sottoporre ad una valutazione sismica si basa sulle seguenti considerazioni:

- la sismicità (identificata dalla Zona Sismica)
- la vulnerabilità sismica del componente
- l'importanza del componente per la funzionalità nel periodo post-terremoto



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

- il costo e il grado di interruzione dei servizi necessari per adeguare o ancorare il componente

Lo scopo è concentrare le risorse di progettazione e di costruzione sui miglioramenti sismici non strutturali più critici e convenienti da un punto di vista di rapporto costo/benefici.

La Tabella C8A.9.1⁽⁷⁾ illustra alcune raccomandazioni non esaustive per specifici componenti e sistemi non strutturali, per lo più presenti in complessi ospedalieri. Le raccomandazioni sono fornite sia per le installazioni già esistenti che per quelle nuove. Esse dipendono sia dal tipo di componente o di sistema che dalla zona sismica in cui si trova l'opera.

In generale i sistemi che hanno un'elevata vulnerabilità, una grande importanza, e un basso costo di adeguamento sismico e una limitata interruzione dei servizi necessaria per portare a termine l'adeguamento, sono da considerarsi come candidati per l'adeguamento in tutte le zone sismiche. I sistemi a bassa vulnerabilità o poca importanza, costosi o gravosi da adeguare in termini di interruzione dei servizi dovrebbero essere considerati per l'adeguamento nelle zone 1 e 2.

In generale, fornire protezione sismica ad una nuova installazione rispetto ad una già esistente comporta minori costi aggiuntivi d'interruzione dei servizi. Di conseguenza nella Tabella C8A.9.1 sono segnalate tipologie di componenti non strutturali che dovrebbero essere sismicamente ancorati, se installati ex novo, ma sui quali potrebbe non essere conveniente intervenire, nel caso in cui siano già esistenti.

Le raccomandazioni in Tabella C8A.9.1 si basano sulle osservazioni dei danni degli ultimi terremoti e sulla vulnerabilità, importanza e costi di adeguamento sismico presunti per sistemi tipici.



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI



Interventi non dichiaratamente strutturali
edifici esistenti muratura portante



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI



Interazione struttura – impianto edifici
esistenti muratura portante



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

VERIFICHE DI SICUREZZA



E IN CASO DI **TERREMOTO** ?



VULNERABILITA' SISMICA DEGLI IMPIANTI NEGLI EDIFICI

Riferimenti:

- NTC 2008
- Circ. Min. Infrastrutture e trasporti 02/02/2009 n ° 617
- Ing. Giovanni Nicolò : Interazioni tra strutture e impianti durante l'azione del sisma
- Ing. Gianluca Pasqualon : Aspetti statici sull'interazione tra strutture e impianti durante l'azione del sisma .
- Linee guida CIG n. 13

Grazie per l'attenzione.