

LA CONTINUITÀ DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI IN CASO DI SISMA

Prof. Ing. Stefano Grimaz

Direttore SPRINT-Lab Sicurezza e protezione intersettoriale
Università degli Studi di Udine

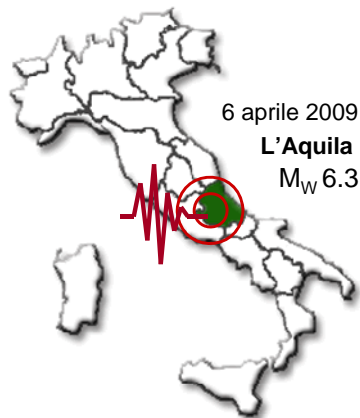


Milano, 26 settembre 2013



TERREMOTO L'AQUILA

OSPEDALE SAN SALVATORE L'AQUILA





4 cm



10cm



5 cm



20cm

**DISLOCAZIONI
DEFORMAZIONI INDOTTE**

PERDITE DI TENUTA - RILASCI



EFFETTI COLLATERALI



SURRISCALDAMENTO PER FUNZIONAMENTO A VUOTO



**EVIDENZE DI EFFETTI DOVUTI
ALL'INTERAZIONE TRA ELEMENTI**

DANNO ASSOCIATO ALLE INTERAZIONI TRA ELEMENTI NON STRUTTURALI



GLI IMPIANTI SONO FORTEMENTE INTERCONNESSI CON ALTRI ELEMENTI STRUTTURALI E NON STRUTTURALI



DANNO ASSOCIATO ALLE INTERAZIONI TRA ELEMENTI NON STRUTTURALI





TIPOLOGIE DI DANNO SISMICO RICORRENTE

Attrezzature/Componenti	Danni potenziali
Caldaie	Scorrimenti Rottura di condutture gas / combustibile e gas di scarico Rottura/curvatura linee a vapore e di sfiato
Refrigeratori	Scorrimento, ribaltamento Perdite di refrigerante Perdita di funzione
Generatori di emergenza	Rottura degli isolatori di vibrazioni Rottura linee rotture di carburante, di segnale e di potenza Rotture linee di scarico Perdita di funzione
Pompe antincendio	Rottura ancoraggi Disallineamento tra la pompa e motore Rottura tubazioni
Riserve d'acqua	Rottura della vasca, della cisterna o del serbatoio Rottura delle tubazioni
Sistemi di comunicazione	Scorrimento, ribaltamento o rovesciamento Perdita della funzione
Trasformatori principali	Scorrimenti Perdite d'olio Rottura della boccola Perdita di funzione
Quadri elettrici principali	Scorrimenti e ribaltamenti Rottura condutture Danneggiamento bus elettrici
Ascensori (trazione)	Fuoriuscita dei contrappesi dalle guide Uscita delle funi dalle pulegge Dislocazione attrezzature
Altre attrezzature fisse	Scorrimento o rovesciamento, Danni alle apparecchiature adiacenti Perdita della funzione
Condotti	Collasso, separazione, perdite, fumi
Tubazioni	Rotture Perdite
Lampade e faretto e diffusori HVAC incassati	Distacco dai controsoffitti Interazione negativa tra controsoffitto ed elementi impiantistici

Componente	Danni potenziali
Controsoffitti sospesi	Dislocazione delle piastre Danni sul perimetro Separazione e piegatura delle guide di sostegno Interazione negativa tra sistemi impiantistici e controsoffitto
Partizioni	Collasso (ad esempio, ribaltamento) Rotture/perdite impianti passanti/collegati alla partizione
Pavimenti sopraelevati	Separazione tra i moduli Collasso (possibile interazione con impianti sottostanti o ancorati al solaio)



criticità da interazione

ELEMENTI STRUTTURALI ↔ IMPIANTI ↔ ELEMENTI NON STRUTTURALI



DM 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni



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_s) 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.



$$F_a = (S_a W_a) / q_a$$



dove

F_a è la forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole;

W_a è il peso dell'elemento;

S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma

q_a è il fattore di struttura dell'elemento.

S_a è il coefficiente sismico funzione dell'altezza del piano e della sua frequenza propria:

$$S_a = \frac{a_g S}{g} \left[\frac{3(1 + Z/H)}{1 + (1 - T_a/T_1)^2} - 0.5 \right] \geq \frac{a_g S}{g}$$

1 ÷ 5.5

dove:

$a_g S$ è l'accelerazione di progetto sul terreno

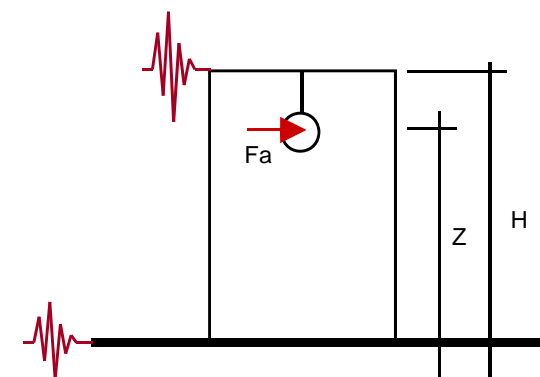
Z è l'altezza del baricentro dell'elemento rispetto alla fondazione

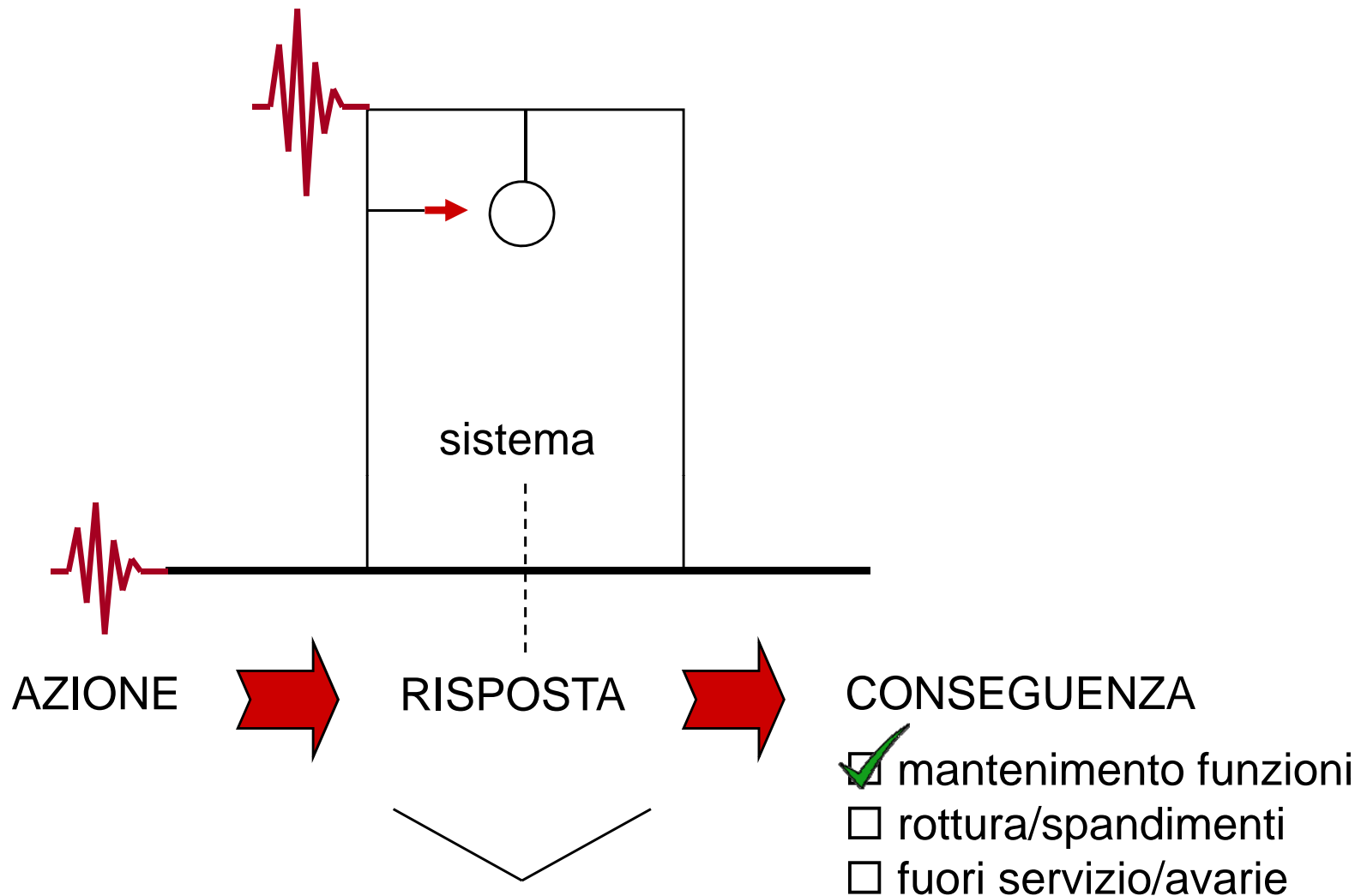
H è l'altezza della struttura

g è l'accelerazione di gravità

T_a è il primo periodo di vibrazione dell'elemento non strutturale nella direzione considerata, valutato anche in modo approssimato

T_1 è il primo periodo di vibrazione della struttura nella direzione considerata

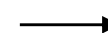




analisi di vulnerabilità



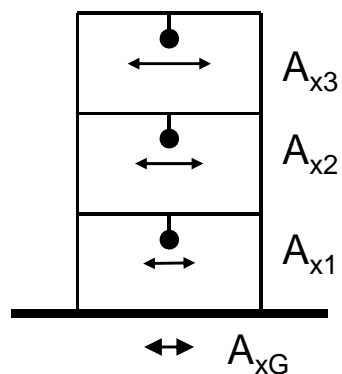
Individuazione delle **potenziali criticità di riposta all'azione sismica**



contromisure per ridurre le vulnerabilità

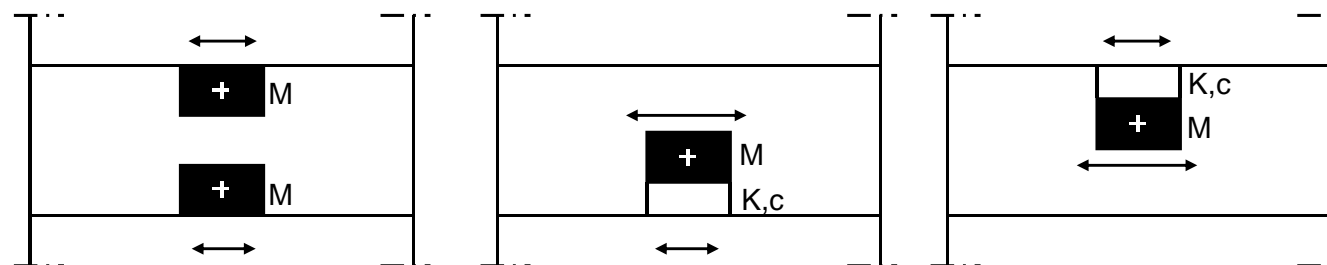


AZIONE —| Forze inerziali indotte dal moto del suolo
 —| Spostamenti relativi



accoppiamento
 amplificazioni dinamiche
 moti relativi

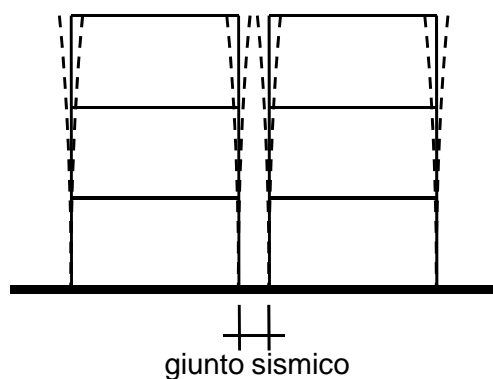
UBICAZIONE E MODALITÀ DI INSTALLAZIONE
 DEL COMPONENTE GIOCANO UN RUOLO DETERMINANTE
 NELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE



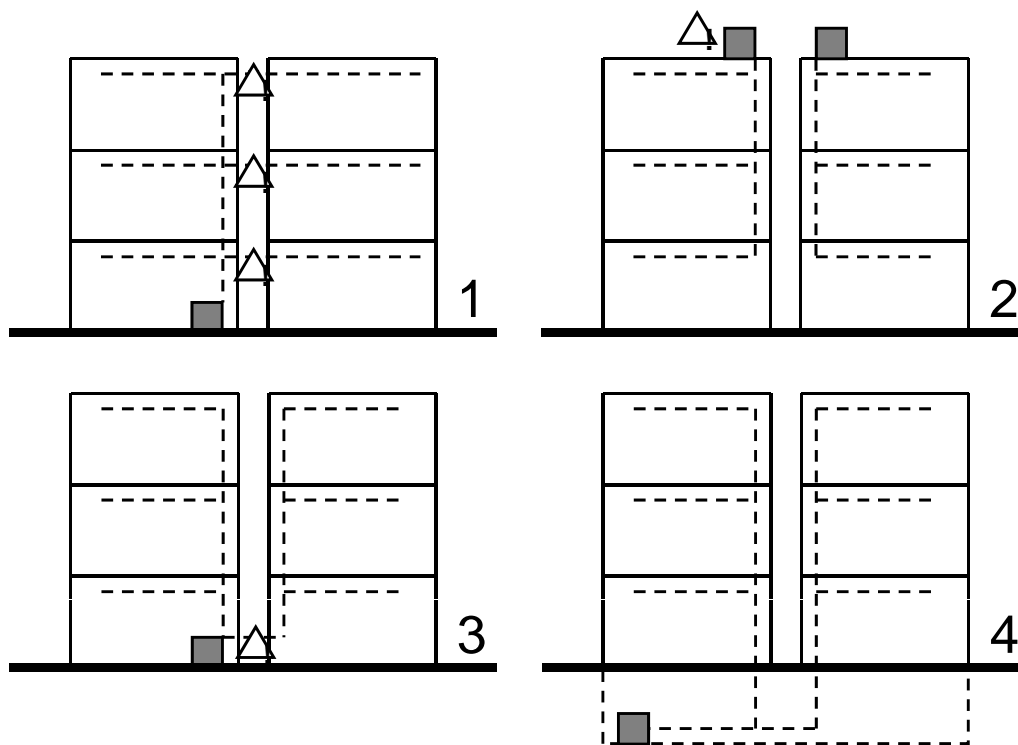
PROBLEMA DINAMICO

$$F = M \times a$$

risonanza

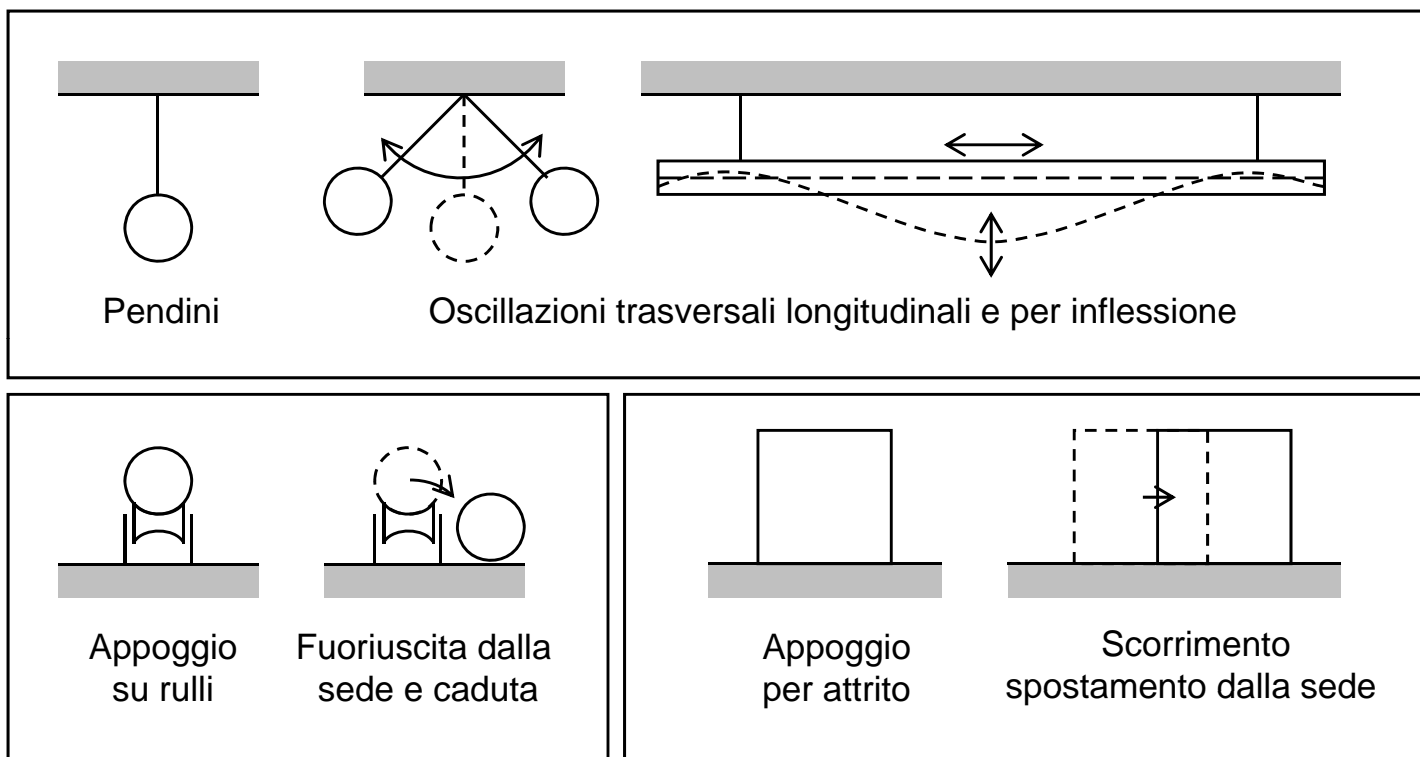


PRESENZA DI GIUNTI
SISMICI



RIDURRE NUMERO
ATTRAVERSAMENTI

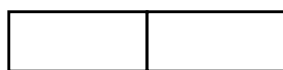
PREVEDERE I PUNTI DI
ATTRAVERSAMENTO E
L'UBICAZIONE DELLE
ATTREZZATURE IL
PIÙ IN BASSO POSSIBILE



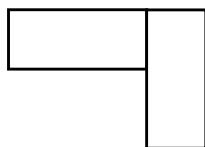
**ADEGUATA SCELTA E CORRETTO DIMENSIONAMENTO
DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO**



Tipo giunzione

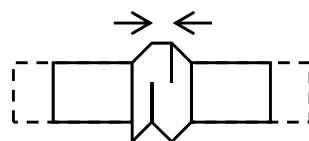


in linea

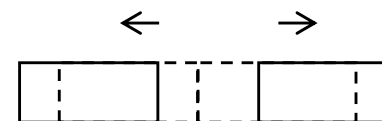


con deviazione

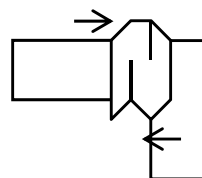
Effetti causati da moti relativi indotti



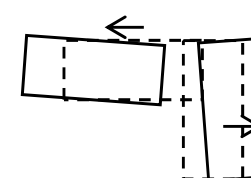
schacciamento
compenetrazione



distacco
strappo

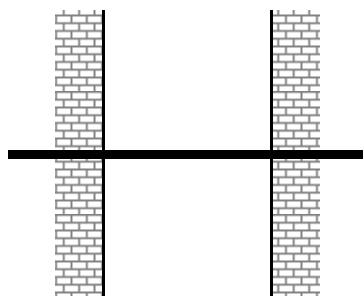


schacciamento
compenetrazione
sbandamento laterale

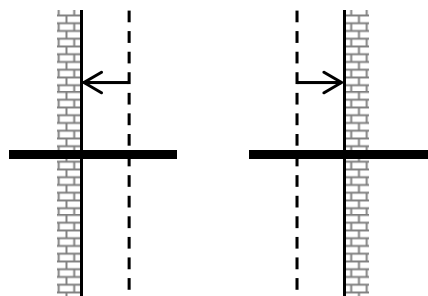


distacco
strappo

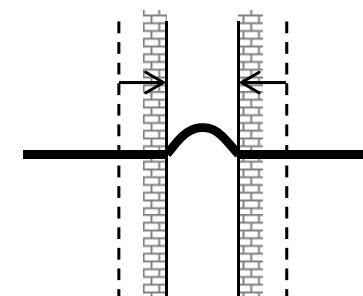
RIDUZIONE SPOSTAMENTI RELATIVI



attraversamento
giunto di separazione



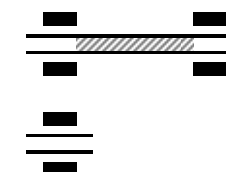
distacco
strappo

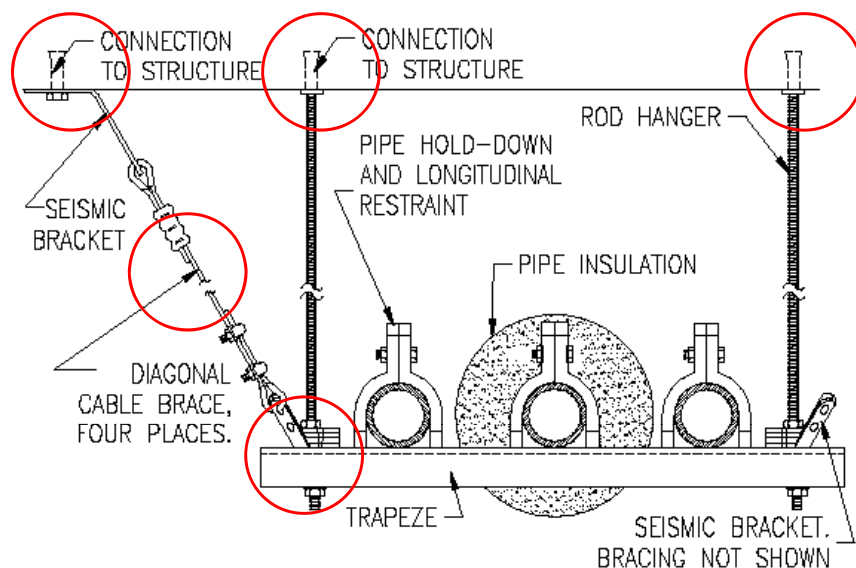


schacciamento
sbandamento laterale

ATTRAVERSAMENTO FLESSIBILE

ATTRAVERSAMENTO DISACCOPPIATO



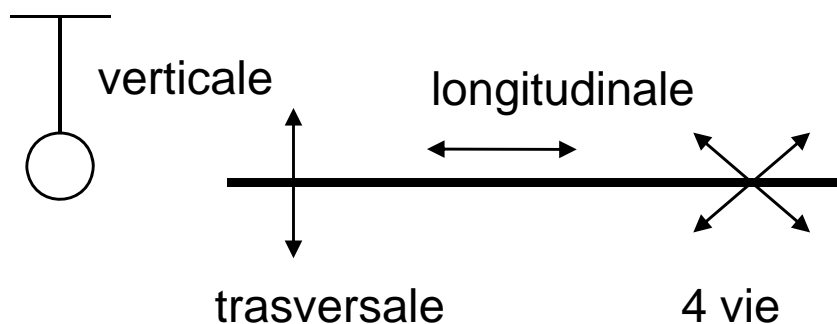


PUNTI CRITICI

CONNESSIONE TUBAZIONE-STAFFA

ELEMENTI DI SOSTEGNO

ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA



PUNTI DI ATTENZIONE

POSIZIONAMENTO CONTROVENTI

TIPOLOGIA CONTROVENTI

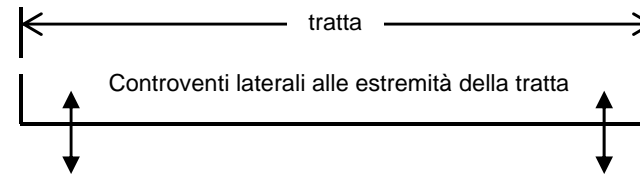
SISTEMI/MODALITÀ DI ANCORAGGIO



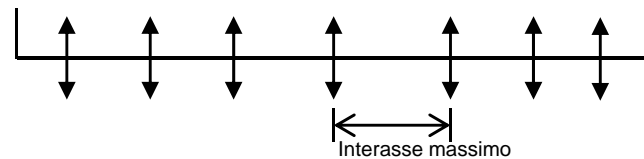
Se il disassamento è inferiore a $s/16$
può essere considerato come tratta lineare



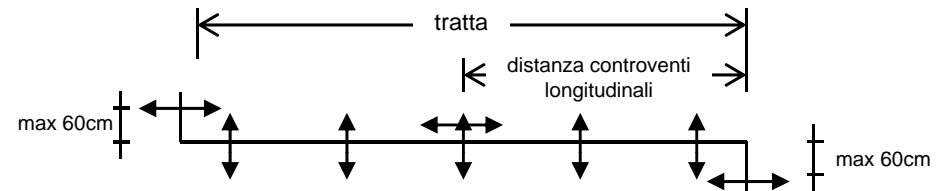
DEFINIZIONE DI TRATTA LINEARE



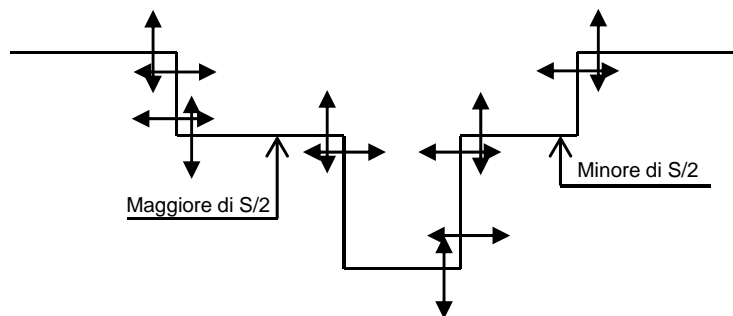
CONTROVENTATURE LATERALI MINIME IN TRATTA



CONTROVENTATURE LATERALI AGGIUNTIVE

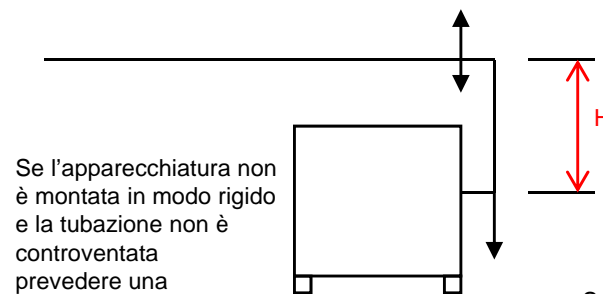


CONTROVENTATURE LONGITUDINALI IN UNA TRATTA



Ancoraggi nelle TRATTE CORTE

Ancoraggio trasversale alla fine della tratta orizzontale

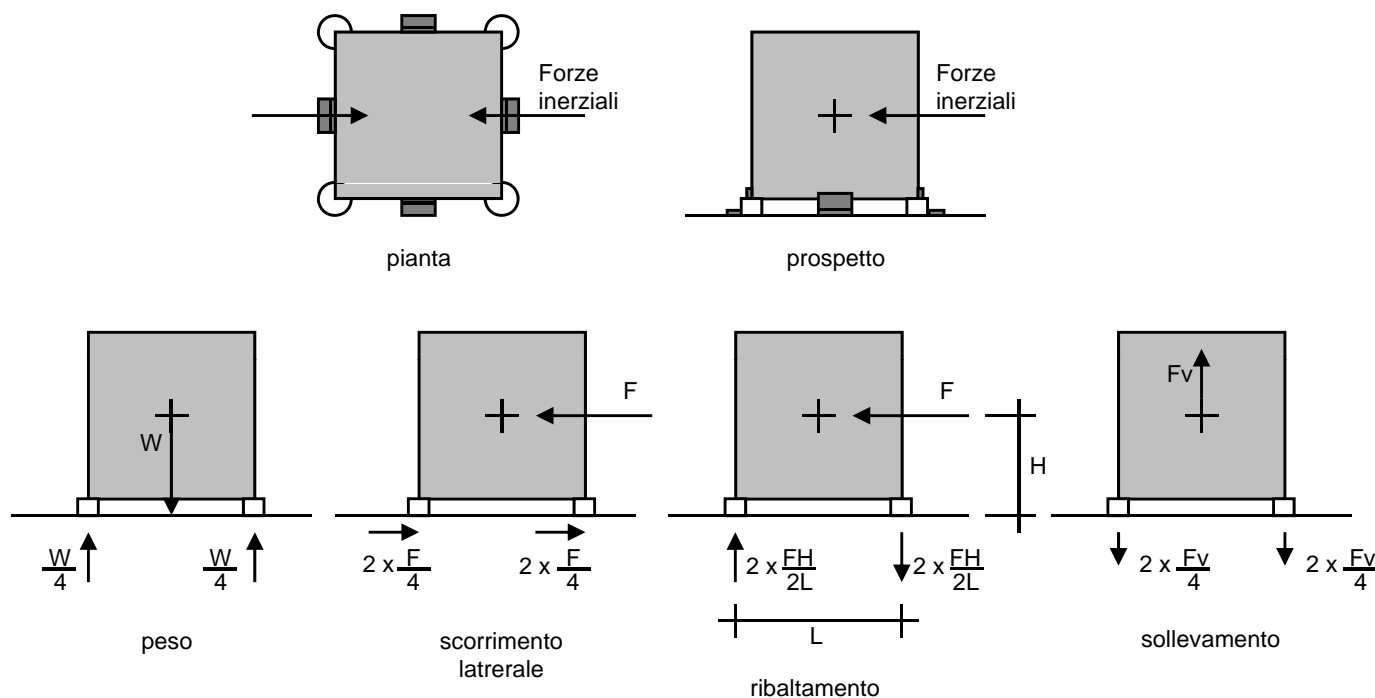


Se l'apparecchiatura non è montata in modo rigido e la tubazione non è controventata prevedere una connessione flessibile

Se $H > S/2$ ancorarlo al suolo

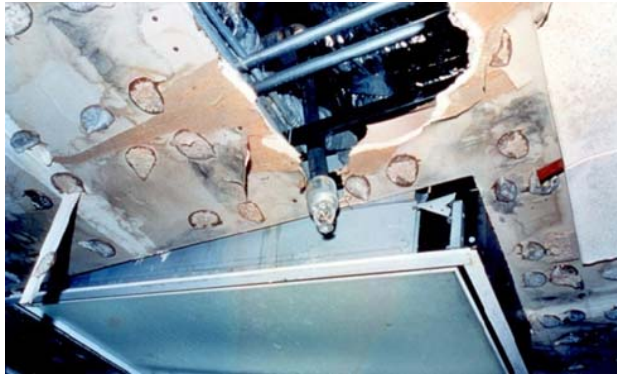
Ancoraggi nei PUNTI TERMINALI

IMPEDIRE DEFORMAZIONI INDOTTE DA MOTI RELATIVI

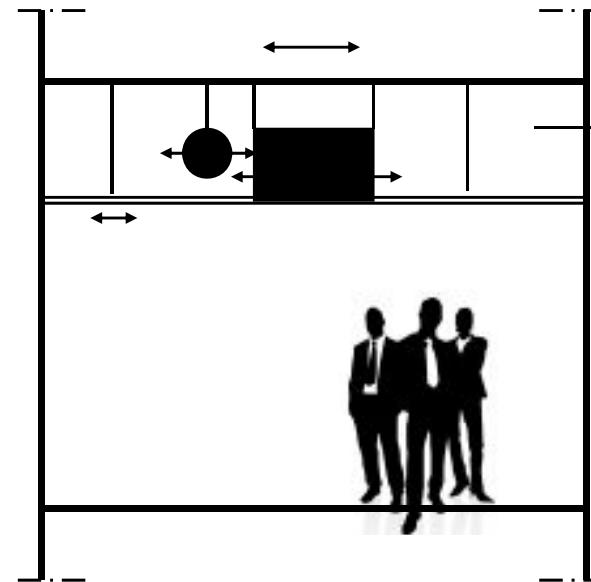


Sul singolo ancoraggio considerare la combinazione più sfavorevole

DIMENSIONAMENTO DISPOSITIVI E ANCORAGGI scienza e tecnica delle costruzioni



AZIONI DA INTERAZIONE



RISPOSTA DEL
“PACCHETTO” NON
STRUTTURALE

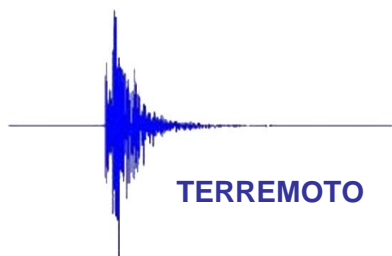


PROGETTAZIONE
INTEGRATA

RISPOSTA DI
UN SISTEMA



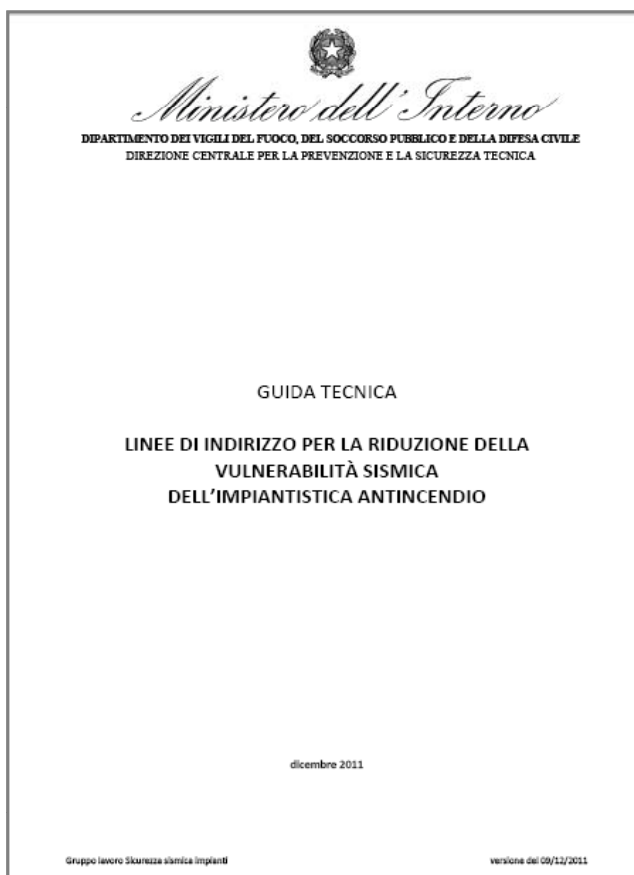
LA SICUREZZA SISMICA DEGLI IMPIANTI ANTINCENDIO



persone, attività strategiche, attività economiche
ambiente, patrimonio culturale



INCENDIO



OSSERVAZIONI SUL CAMPO



UniUD
coordinamento
scientifico

LINEE DI INDIRIZZO PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DEGLI IMPIANTI ANTINCENDIO

STRUMENTO PER LA LETTURA
E VALUTAZIONE DELL'ESISTENTE
E LA RICERCA DELLE SOLUZIONI PER
SODDISFARE I REQUISITI DI SICUREZZA



STRATEGIA

ANALISI DELLE POTENZIALI
CRITICITÀ



CONTROMISURE PER
ELIMINAZIONE DELLE
CRITICITÀ



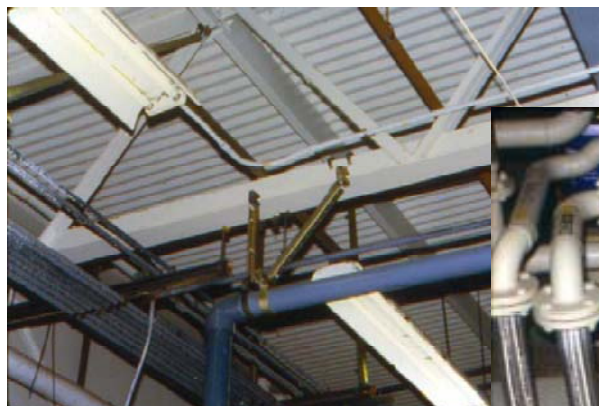
REQUISITI MINIMI
DI SICUREZZA SISMICA

VULNERABILITÀ

— LEGATE AL LAYOUT DISTRIBUTIVO

— LEGATE AL TIPO DI INSTALLAZIONE
DEI COMPONENTI

— LEGATE ALLE INTERAZIONI NEGATIVE CON
ALTRI ELEMENTI





Elemento	Criteria progettuali (in ordine di priorità)
Lay-out	Preferire sistemi distributivi organizzati a livelli inferiori alla quota campagna Preferire sistemi di distribuzione ridondanti Prevedere ove necessario una riserva per la fornitura dei fluidi
Attraversamento giunti sismici	Ridurre il numero di attraversamenti nei giunti di separazione sismica Portare più possibile gli attraversamenti al piano di campagna o interrato Installare giunti flessibili
Apparecchiature	Posizionare le apparecchiature pesanti ai piani bassi in modo da non produrre effetti dinamici di interazione tra sistema impiantistico e struttura o tra sistema ed altri elementi non strutturali
Interazioni	Controllare gli spostamenti relativi tra componenti dell'impianto e altri componenti (controsoffitti, partizioni, altri impianti) lasciando opportuni spazi di rispetto o rendendo solidali i vari sistemi
Tipo di installazione	Evitare sistemi di appoggio/trattenuta per solo attrito Evitare sistemi di installazione su rullo con possibilità di fuoriuscita dalle sedi di appoggio in caso di sisma Controllo delle oscillazioni longitudinali e trasversali delle tubazioni con opportuno posizionamento dei sistemi di controventamento

+

DIMENSIONAMENTO DISPOSITIVI E ANCORAGGI (NTC 2008)



Requisiti minimi di sicurezza sismica per garantire, a seconda delle esigenze:

- incolumità delle persone
- mantenimento funzionalità o pronto ripristino post-sisma
- evitare situazioni di pericolo



Requisiti di sicurezza sismica		
sigla	descrizione	obiettivo specifico
S	Mantenimento stabilità	<i>non generare situazioni di pericolo per le persone</i>
F	Mantenimento funzionalità	<i>non determinare compromissioni di servizio</i>
R	Pronta ripristinabilità	<i>consentire il ripristino delle funzioni nel breve periodo</i>
D	Assenza di perdite di fluidi	<i>non generare situazioni di difficoltà o disagio nell'evacuazione per rilascio di sostanze o per caduta di elementi</i>
C	Assenza di perdite di fluidi pericolosi	<i>non generare situazioni critiche per rilascio di sostanze pericolose</i>



Categorizzazione degli scenari d'installazione		
Categoria	Descrizione	
IV	Attività/strutture/aree con presenza di sostanze pericolose in quantità tale da poter determinare, in caso di terremoto, eventi incidentali pericolosi per la pubblica incolumità.	
III	Attività/strutture/aree che rivestono interesse strategico la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.	
	<i>Aree tipo a</i>	<i>Aree tipo b</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • strutture di supporto logistico per il personale operativo quali alloggiamenti e vettovagliamento; • strutture adibite all'attività logistica di supporto alle operazioni di protezione civile, quali stoccaggio movimentazione, trasporto, comprese le strutture per l'alloggiamento di strumentazione, di monitoraggio con funzione di allerta; • autorimesse e depositi; • strutture per l'assistenza e informazione alla popolazione. 	<ul style="list-style-type: none"> • ospitanti funzioni di comando, supervisione e controllo; • sale operative; • strutture ed impianti di trasmissione, banche dati utili per la gestione dell'emergenza; • strutture e presidi ospedalieri.
II	Attività/strutture/aree rilevanti per l'elevata presenza di persone (maggiore di 100 unità) e relativo sistema di vie di esodo	
I	Attività/strutture/aree non rientranti negli altri gruppi.	



Classe di pericolosità del sito	
Classe pericolosità	Livello di accelerazione a terra ⁽¹⁾
A (alta)	$A_{\text{sito}} = S a_g \geq 0.125 \text{ g}$
B (bassa)	$A_{\text{sito}} = S a_g < 0.125 \text{ g}$

Livelli di richiesta del rispetto dei requisiti minimi di sicurezza sismica		
Categoria Scenario	Classe di pericolosità del sito	
	A	B
IV	Richiesto	Consigliato
III	Richiesto	Consigliato
II	Richiesto	Consigliato
I	Consigliato	Non richiesto



Quadro di sintesi dei requisiti minimi di sicurezza sismica

Impianto	Categoria scenario d'installazione				
	I	II	IIIa	IIIb	IV
Impianto idrico antincendio	S	SD	SD	SFD	SF
Impianti sprinkler a umido	S	SD	SD	SFD	SF
Impianti sprinkler a secco	S	S	S	SFD	SF
Impianti fissi con estinguenti gassosi	S	SD	SD	SF	SF
Impianti rilevazione e allarme incendio	S	S	S	SF	SF
Impianto di illuminazione di sicurezza	S	S	S	SF	SF
Ascensore antincendio e di soccorso	S	S	S	SF	SF
Gruppo elettrogeno	SD	SD	SD	SFD	SC
Impianto adduzione fluidi infiammabili	SC	SRC	SRC	SF	SC
Impianti di adduzione fluidi comburenti	SC	SC	SC	SC	SC



GRIGLIE GUIDA

PER L'ANALISI DI VULNERABILITÀ E L'INDIVIDUAZIONE DELLE CONTROMISURE NECESSARIE AL SODDISFACIMENTO DEI REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA SISMICA

esempio

IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO								
Elemento di vulnerabilità	Potenziati criticità	Contromisure	Rif.	Requisito				
				S	F	R	D	C
Gruppi a combustione interna	Rottura degli smorzatori alle vibrazioni	Dimensionare gli smorzatori in modo tale da resistere alle forze orizzontali e prevedere dispositivi di arresto laterale (snubbers).	[2][6]		✓	✓		
	Rottura delle alimentazioni di combustibile	Rendere minimi gli spostamenti differenziali progettando opportunamente le connessioni con la struttura principale.	[2][6]		✓			✓
	Rottura condotti prodotti della combustione	Rendere minimi gli spostamenti differenziali progettando opportunamente le connessioni con la struttura principale.	[2][6]		✓			✓
Tubazioni fisse con acqua non permanentemente in pressione	Distacco degli ancoraggi Urti conto altri impianti	Prevedere idonei sistemi di controventatura e ancoraggio.	[2][6]	✓	✓			
	Rottura o perdite di tenuta da tubazioni installate fuori terra	Prevedere giunzioni flessibili: - nelle tubazioni verticali vicino le estremità (entro 50 cm) e del soffitto di ogni piano intermedio attraversato; - nelle tubazioni orizzontali in vicinanza dei punti di ingresso dell'edificio ed in corrispondenza dei giunti di dilatazione dell'edificio; Ridurre i punti di attraversamento dei giunti sismici o spostarli a quota più bassa possibile; Prevedere mensole di irrigidimento, dello stesso tipo per l'intero tratto della condotta: - nelle tubazioni orizzontali, con disposizione tale da impedire le oscillazioni lungo l'asse e da limitare le oscillazioni libere del tubo in direzione trasversale; - nelle tubazioni verticali posizionare mensole a quattro vie immediatamente sopra la giunzione flessibile.	[3][4] [8] [11]	✓	✓	✓	✓	



IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO									
Elemento di vulnerabilità	Potenziali criticità	Contromisure	Rif.	Requisito					
				S	F	R	D	C	
Tubazioni fisse permanentemente in pressione	Rottura o perdite di tenuta da tubazioni installate fuori terra	Prevedere giunzioni flessibili: - nelle tubazioni verticali vicino le estremità (entro 50 cm) e del soffitto di ogni piano intermedio attraversato; - nelle tubazioni orizzontali in vicinanza dei punti di ingresso dell'edificio ed in corrispondenza dei giunti di dilatazione dell'edificio; Ridurre i punti di attraversamento dei giunti sismici o spostarli a quota più bassa possibile; Prevedere mensole di irrigidimento, dello stesso tipo per l'intero tratto della condotta: - nelle tubazioni orizzontali, con disposizione tale da impedire le oscillazioni lungo l'asse e da limitare le oscillazioni libere del tubo in direzione trasversale; - nelle tubazioni verticali posizionare mensole a quattro vie immediatamente sopra la giunzione flessibile.	[2] [4] [8]		✓	✓	✓	✓	
	Rottura o perdite di tenuta da tubazioni interrato	Prevedere manicotti flessibili: nelle tubazioni orizzontali in vicinanza dei punti di ingresso dell'edificio.	[2]			✓	✓		
	Rottura o perdite di tenuta da attraversamenti strutture verticali ed orizzontali	Lasciare uno spazio libero tutt'intorno al tubo opportunamente sigillato.	[2]			✓	✓		



RIFERIMENTI

- [1] AICARR 2010 – Impiantistica antisismica. La protezione antisismica degli impianti. Requisiti, regole tecniche, esperienze. Associazione Italiana Condizionamento dell’Aria, Riscaldamento e Refrigerazione. Milano.
- [2] ASHRAE 1999 – “ A Practical Guide to Seismic Restraint” – RP812 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta
- [3] ATC 51-2, 2003 – “Raccomandazioni congiunte Stati Uniti-Italia per il controventamento e l’ancoraggio dei componenti non strutturali negli ospedali italiani”. Applied Technology Council California
- [4] Comitato tecnico italiano materiali antincendio. – “Norma sperimentale CTIMA n°12 - Idranti per estinzione incendi. Norme per l’installazione e condizioni di accettazione”.
- [5] FEMA, 1997 - “FEMA 274 - NEHRP commentary on the guidelines for the seismic rehabilitation of buildings.” Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- [6] FEMA, 2002 - “FEMA 412 - Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment”. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- [7] FEMA, 2004 “FEMA 413 Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment”. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- [8] FEMA, 2004 - “FEMA 414 - Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe”. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- [9] FEMA, 2005 –“FEMA 74-FM –Earthquake hazard mitigation for non structural elements – Field Manual” Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- [10] Ministero della Salute, 2002. Raccomandazioni per il miglioramento della sicurezza sismica e della funzionalità degli ospedali
- [11] NFPA, 2010 - “NFPA 13 - Standard for the Installation of Sprinkler Systems”. National Fire Protection Association
- [12] UNI CIG 2009 – “Linea Guida per l’applicazione della normative sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibili, ed. 27 febbraio 2009



L'efficacia dell'analisi di vulnerabilità



LA SICUREZZA RICHIEDE DI:

costruire una catena di azioni/elementi

LA SICUREZZA DIPENDE:

dall'anello più debole

NON HA SENSO:

irrobustire in modo autonomo e indefinito i singoli anelli

BISOGNA PUNTARE:

ad un aumento della resistenza della catena.

Ciò richiede una **visione d'insieme** sull'obiettivo funzionale (e non settoriale). È necessario passare da un approccio settoriale ad uno olistico e finalizzato, cioè ricorrere ad una **progettazione coordinata e integrata che mira a ridurre innanzitutto i punti più deboli del sistema**



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



Stefano Grimaz

Direttore

Laboratorio di SICUREZZA E PROTEZIONE INTERSETTORIALE - SPRINT

Università degli Studi di Udine

stefano.grimaz@uniud.it

http://sprint.uniud.it