



Associazione Italiana di Ingegneria Antincendio
Sezione Italiana della
Society of Fire Protection Engineers

XIV Convegno Nazionale
La vulnerabilità sismica dei sistemi di protezione contro l'incendio

VULNERABILITÀ SISMICA IN GENERALE E DELL'IMPIANTISTICA ANTINCENDIO IN PARTICOLARE

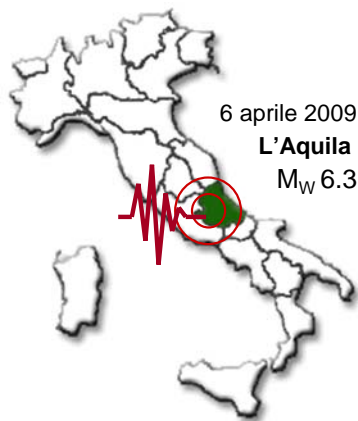
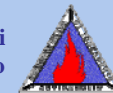
Prof. Ing. Stefano Grimaz

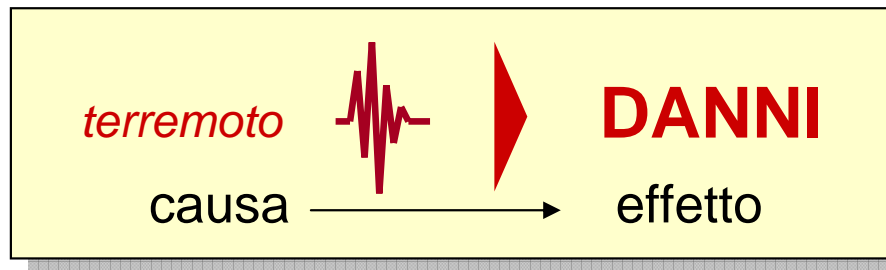
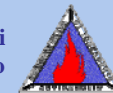
Direttore SPRINT-Lab Sicurezza e protezione intersettoriale
Università degli Studi di Udine





Per iniziare: il caso dell'ospedale dell'Aquila





- 1 DANNI FISICI AGLI EDIFICI E INFRASTRUTTURE
- 2 DANNI ALLE PERSONE
- 3 PERDITE ECONOMICHE E FUNZIONALI

EDIFICI MODERNI

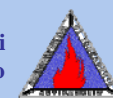
70% DEL VALORE ESPOSTO È COSTITUITO DA **ELEMENTI NON STRUTTURALI**
GRAN PARTE DELLE FUNZIONI STRATEGICHE SONO FORNITE DA **IMPIANTI**

ANCHE CON DANNI STRUTTURALI LIMITATI

ELEVATE PERDITE ECONOMICHE

PERDITE DI FUNZIONALITÀ





PROBLEMA NOTO GIÀ A INIZIO SECOLO SCORSO
prime osservazioni in Giappone

PRIMO RAPPORTO DETTAGLIATO
SUI DANNI NON STRUTTURALI:

- TERREMOTO ALASKA 1964
- SAN FERNANDO 1976



INFLUENZA SULLE
NORME SISMICHE





TIPOLOGIE DI DANNO SISMICO RICORRENTE

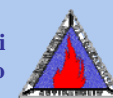
| Attrezzature/Componenti | Danni potenziali |
|---|--|
| Caldaie | Scorrimenti Rottura di condutture gas / combustibile e gas di scarico Rottura/curvatura linee a vapore e di sfiato |
| Refrigeratori | Scorrimento, ribaltamento Perdite di refrigerante Perdita di funzione |
| Generatori di emergenza | 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) |

COMPONENTI
NON STRUTTURALI
IMPIANTISTICI

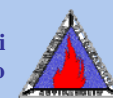
ELEMENTI
NON STRUTTURALI
INTERAGENTI

DISLOCAZIONI
ROTTURE
RILASCI
CROLLI INDOTTI



**DANNO NON STRUTTURALE
CAUSATO DALL'INTERAZIONE
TRA ELEMENTI**

DANNO ASSOCIATO ALLE DEFORMAZIONI RELATIVE DELLA STRUTTURA

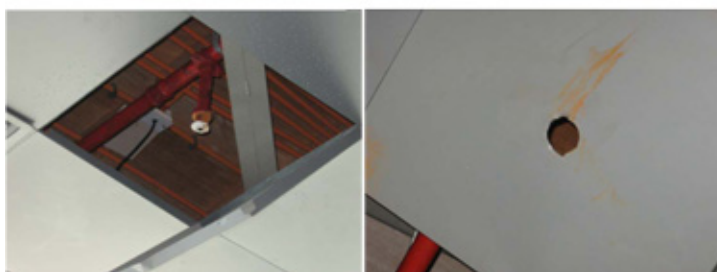


**EVIDENZE DI EFFETTI DOVUTI
ALL'INTERAZIONE TRA ELEMENTI**

DANNO ASSOCIATO ALLE INTERAZIONI TRA ELEMENTI NON STRUTTURALI

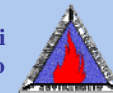


**GLI IMPIANTI SONO FORTEMENTE
INTERCONNESSI CON ALTRI
ELEMENTI STRUTTURALI E NON
STRUTTURALI**

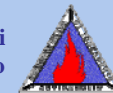


**DANNO ASSOCIATO ALLE
INTERAZIONI TRA ELEMENTI
NON STRUTTURALI**

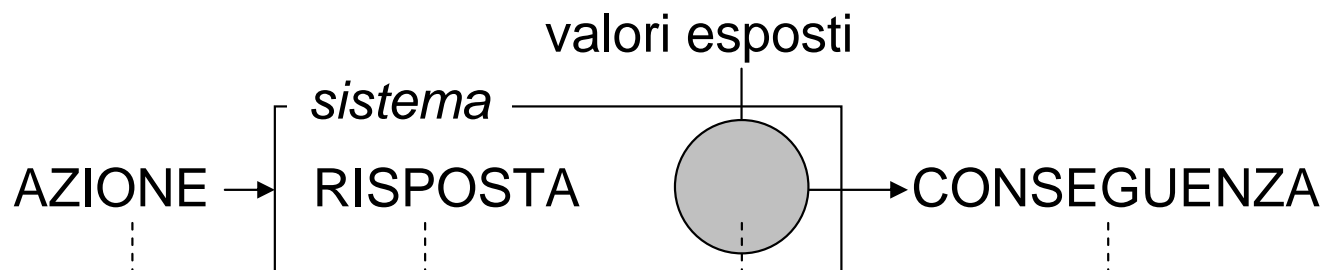




| Equipaggiamento o componente | Tipologia di danneggiamento o criticità |
|-------------------------------------|---|
| Generatori di emergenza | rottura degli smorzatori delle vibrazioni rottura delle alimentazioni di combustibile, di segnale, di elettricità rottura dei condotti di evacuazione |
| Pompe antincendio | rottura degli ancoraggio al basamento disallineamento tra pompa e motore rottura delle tubazioni |
| Riserve idriche | rottura della vasca di contenimento rottura delle tubazioni |
| Tubazioni | rotture o perdite di tenuta |



causa \longrightarrow effetto



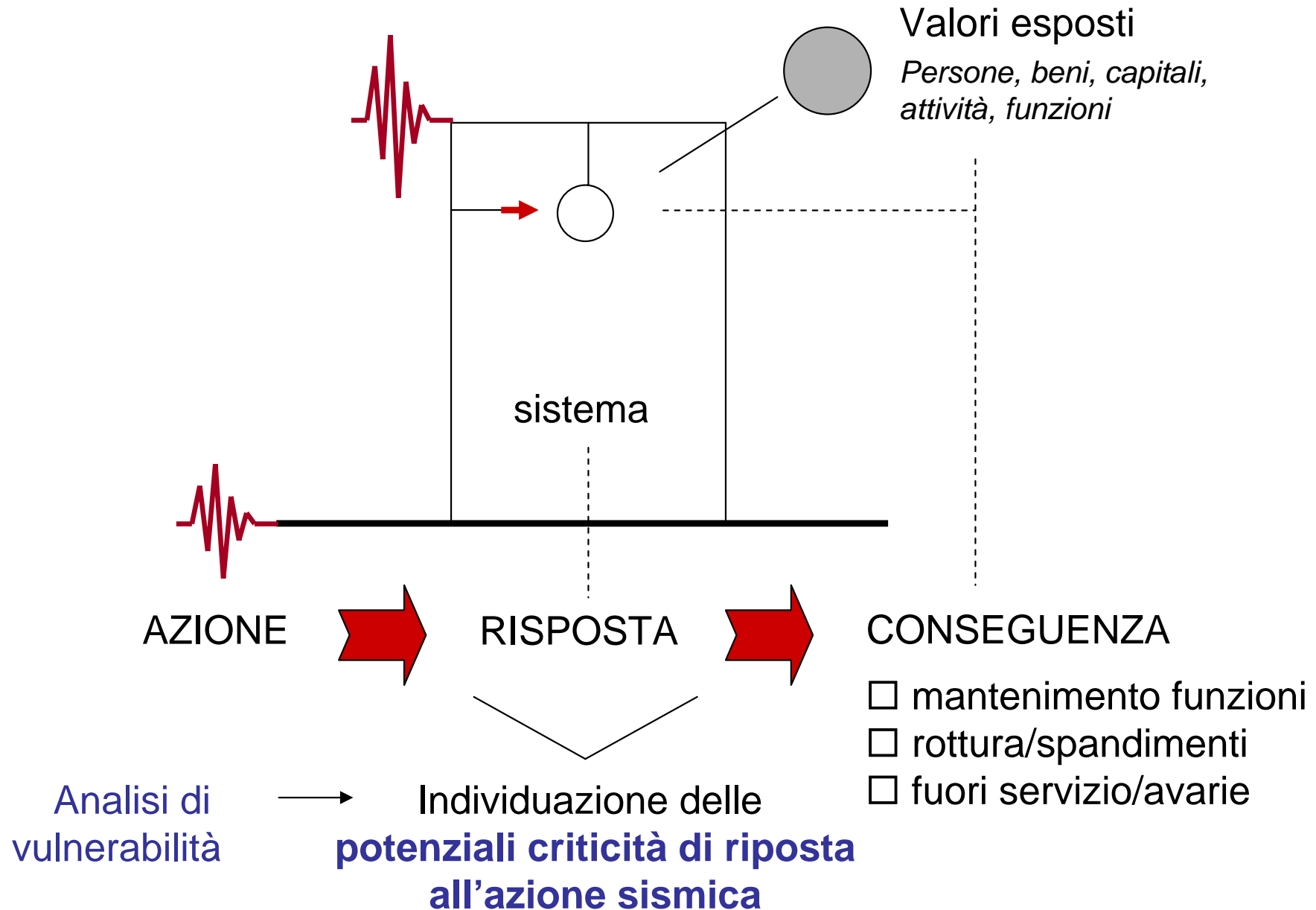
pericolosità \otimes **vulnerabilità** \otimes esposizione \rightarrow danno (atteso)

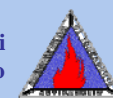
(probabilità
occorrenza)
e avversità
dell'azione

*propensione del
sistema contenente
valori a generare
danno quando è
sottoposto ad una
azione avversa*

*entità e natura
dei valori esposti*







IMPIANTI E SISTEMI **ORDINARI**

- Impianti che non hanno funzione strategica
- Danno legato al solo danneggiamento fisico
- Mancato funzionamento tollerabile

IMPIANTI E SISTEMI **ESSENZIALI**

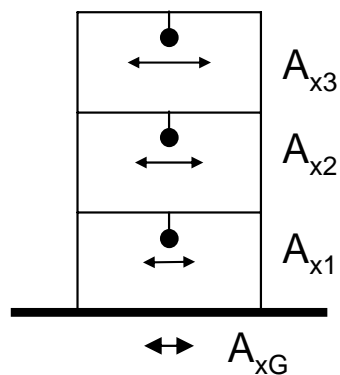
- Impianti che svolgono una funzione strategica
- Il mancato funzionamento non è tollerabile

IMPIANTI E SISTEMI **PERICOLOSI**

- Il danneggiamento può produrre situazioni di pericolosità per persone e beni
- Danno legato alle conseguenze indirette prodotte dal rilascio di sostanze (incendio, allagamento, esalazioni)

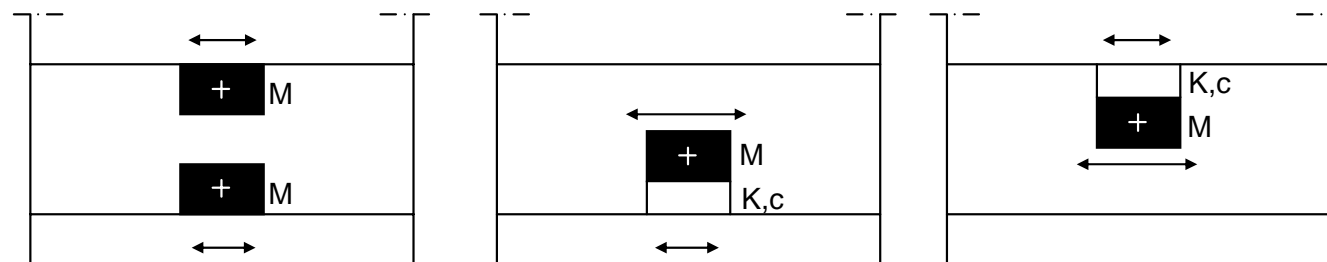


AZIONE ——— Forze inerziali indotte dal moto del suolo
 ——— Spostamenti relativi



accoppiamento
 amplificazioni dinamiche
 moti relativi

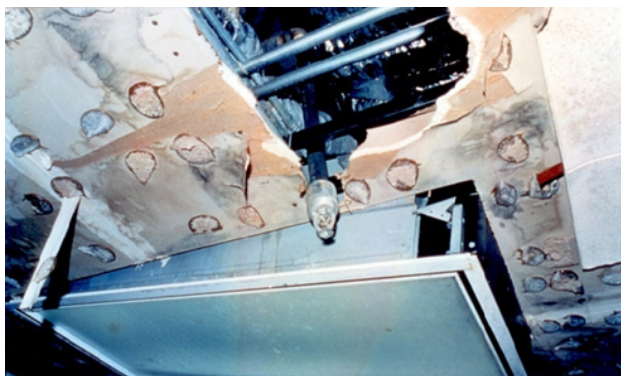
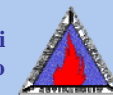
UBICAZIONE E MODALITÀ DI INSTALLAZIONE
 DEL COMPONENTE GIOCANO UN RUOLO DETERMINANTE
 NELLA DEFINIZIONE DELL'AZIONE



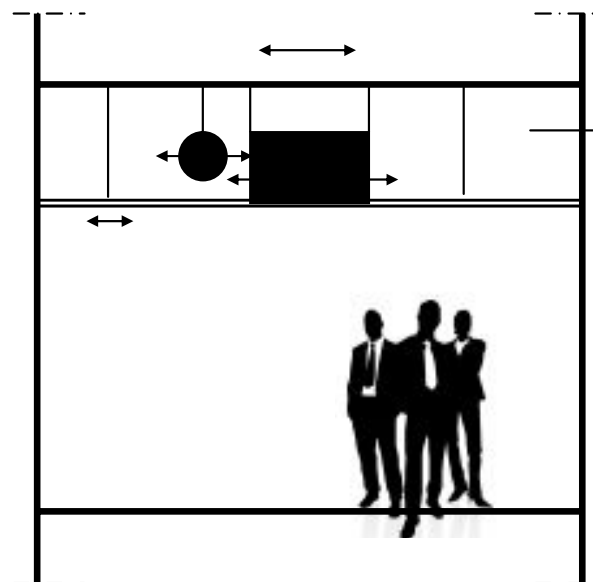
PROBLEMA DINAMICO

$$F = M \times a$$

risonanza



AZIONI DA INTERAZIONE

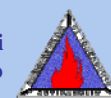


RISPOSTA DEL
“PACCHETTO” NON
STRUTTURALE



**PROGETTAZIONE
INTEGRATA**

RISPOSTA DI
UN SISTEMA

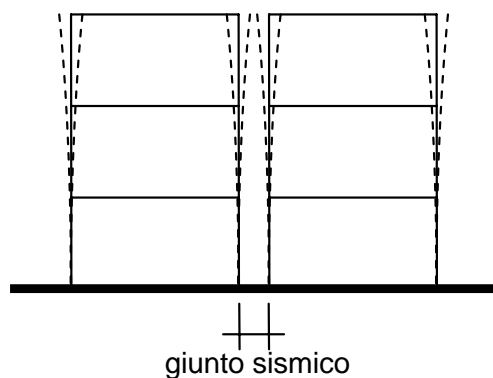


STRATEGIA DI PROGETTO

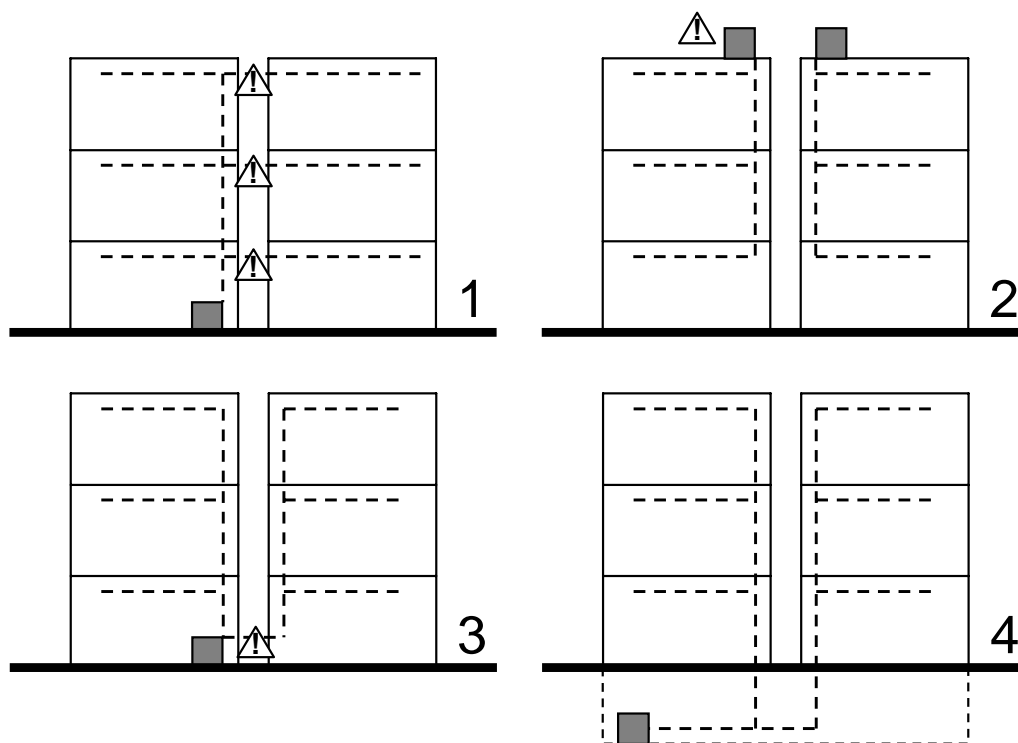


ELIMINAZIONE DELLE CRITICITÀ

- LEGATE AL LAYOUT DISTRIBUTIVO
- LEGATE AL TIPO DI INSTALLAZIONE DEI COMPONENTI
- LEGATE ALLE INTERAZIONI NEGATIVE CON ALTRI ELEMENTI

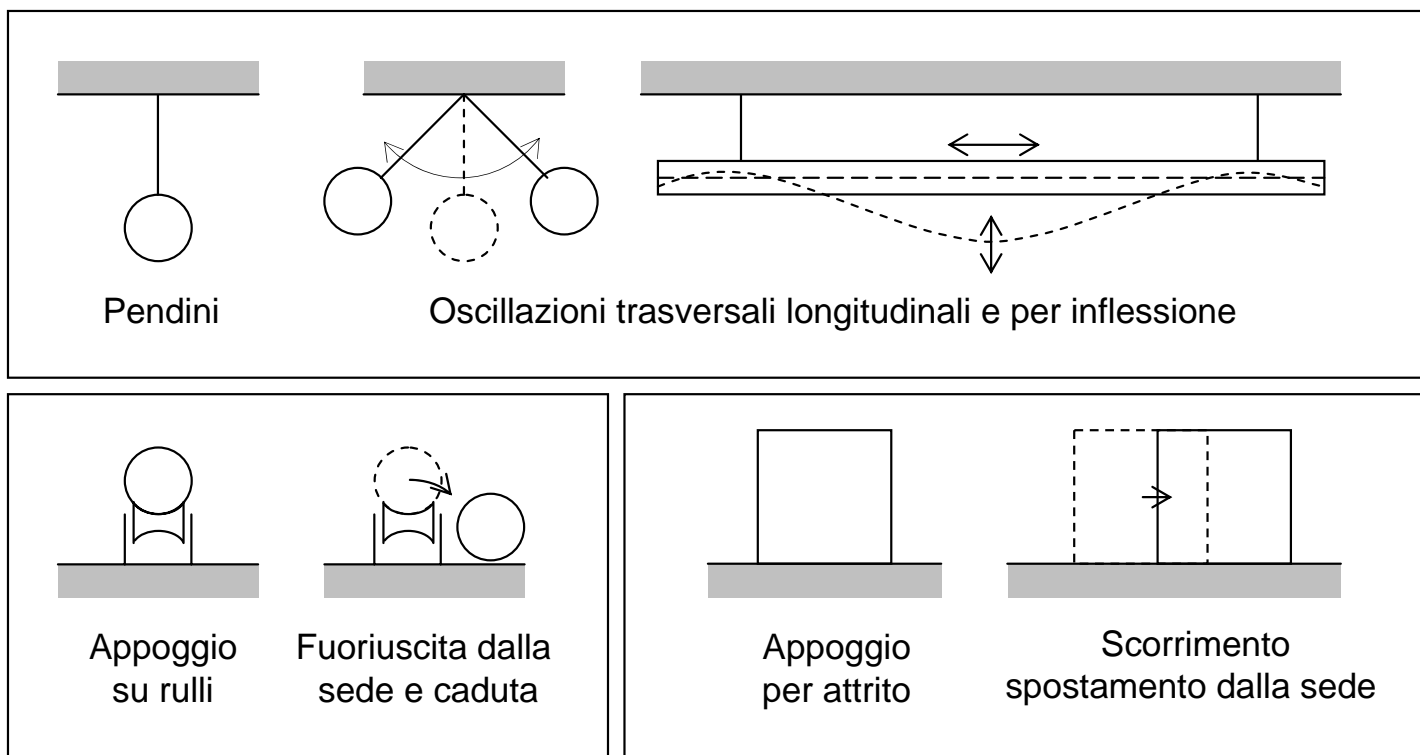
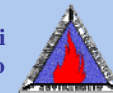


PRESENZA DI GIUNTI
SISMICI



RIDURRE NUMERO
ATTRAVERSAMENTI

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



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



Criticità e modalità di installazione



4 cm

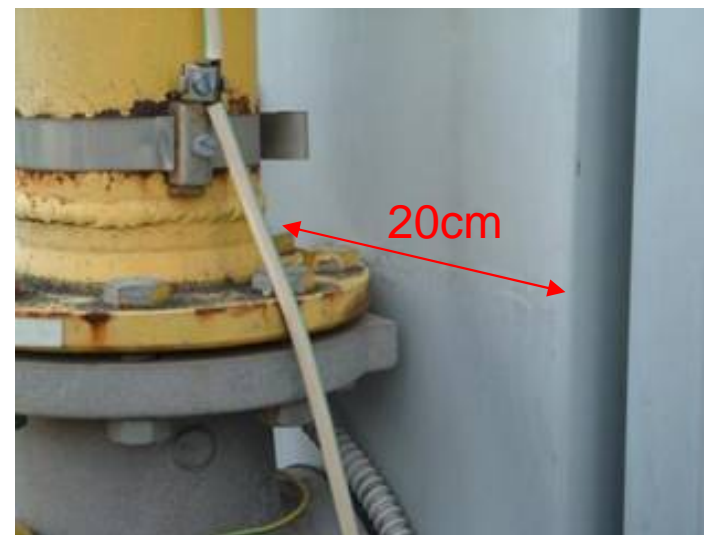
**DISLOCAZIONI
DEFORMAZIONI INDOTTE**



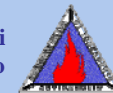
10cm



5 cm

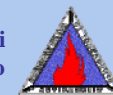


20cm



PERDITE DI TENUTA



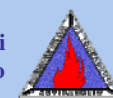


MARTELLAMENTO

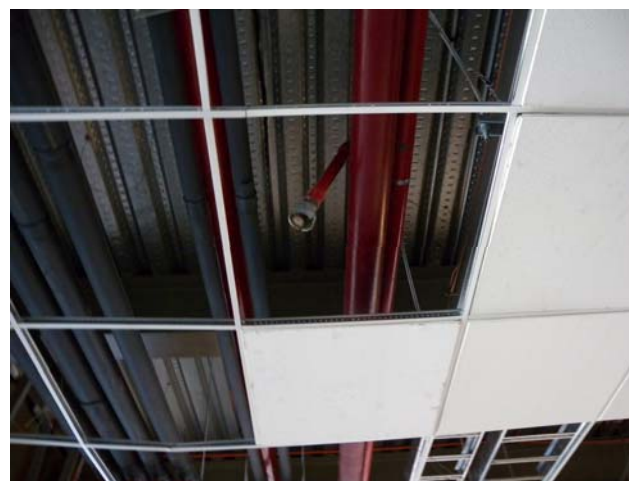


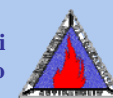
MOTI RELATIVI





INTERAZIONE TRA COMPONENTI NON STRUTTURALI





GIUNZIONI (manicotti)

SEPARAZIONI (giunti sismici e termici)

GIOCHI (spazi liberi di oscillazione e movimento)

RINFORZI DI ONDEGGIAMENTO (controventature)

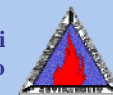


ELEMENTI DA VALUTARE
NELLA PROGETTAZIONE

ANCORAGGI

CONNESSIONI

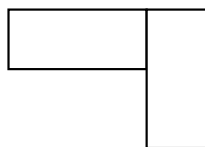
INTERFERENZE



Tipo giunzione

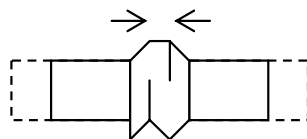


in linea

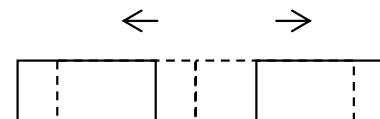


con deviazione

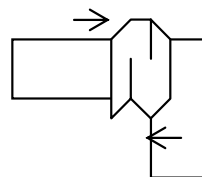
Effetti causati da moti relativi indotti



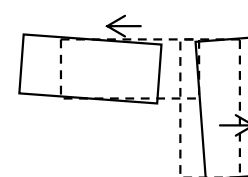
schiacciamento
compenetrazione



distacco
strappo

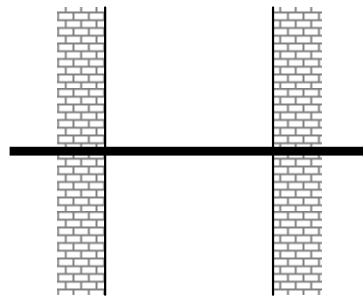


schiacciamento
compenetrazione
sbandamento laterale

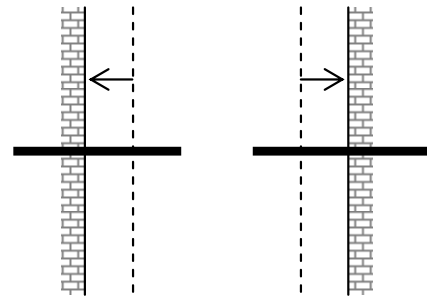


distacco
strappo

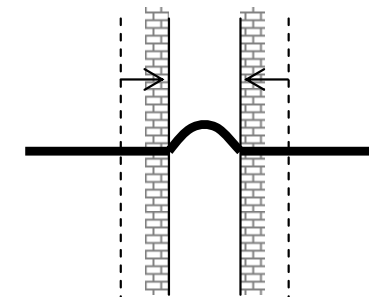
RIDUZIONE SPOSTAMENTI RELATIVI



attraversamento
giunto di separazione



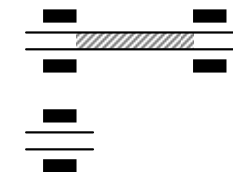
distacco
strappo

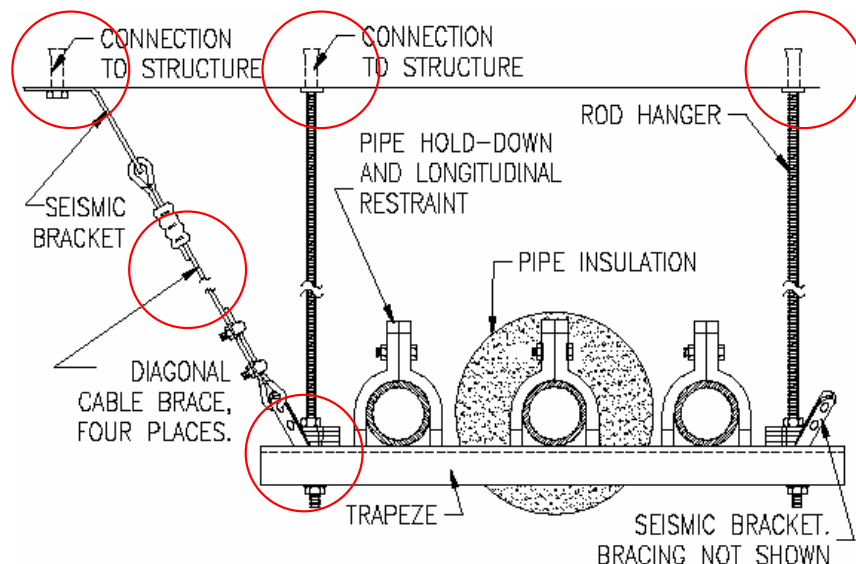
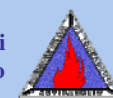


schacciamento
sbandamento laterale

ATTRAVERSAMENTO FLESSIBILE

ATTRAVERSAMENTO DISACCOPPIATO



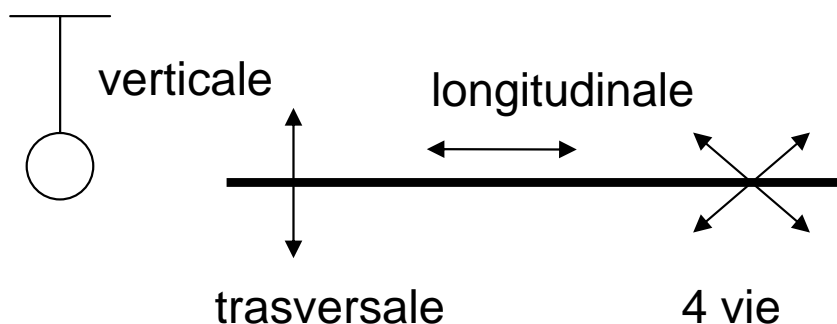


PUNTI CRITICI

CONNESSIONE TUBAZIONE-STAFFA

ELEMENTI DI SOSTEGNO

ANCORAGGIO ALLA STRUTTURA



PUNTI DI ATTENZIONE

POSIZIONAMENTO CONTROVENTI

TIPOLOGIA CONTROVENTI

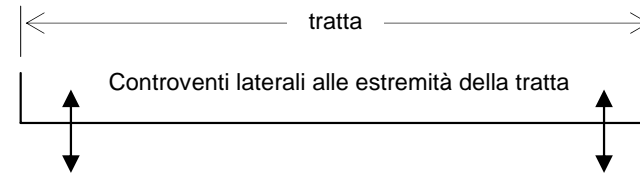
SISTEMI/MODALITÀ DI ANCORAGGIO



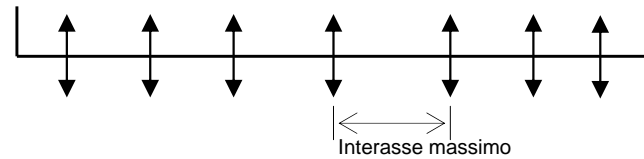
Se il disassamento è inferiore a $s/16$
può essere considerato come tratta lineare



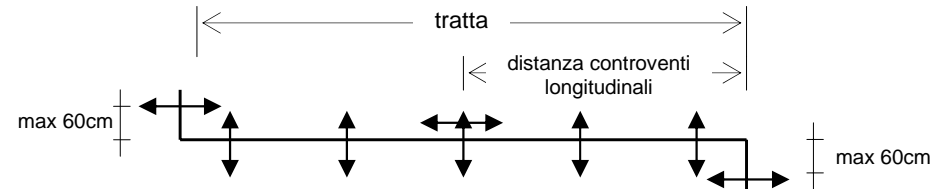
DEFINIZIONE DI TRATTA LINEARE



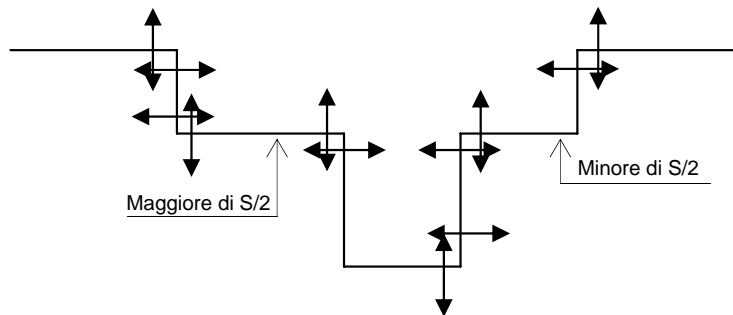
CONTROVENTATURE LATERALI MINIME IN TRATTA



CONTROVENTATURE LATERALI AGGIUNTIVE



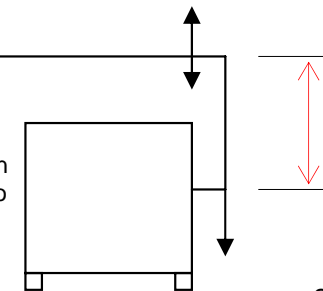
CONTROVENTATURE LONGITUDINALI IN UNA TRATTA



Ancoraggi nelle TRATTE CORTE

Ancoraggio trasversale alla fine della tratta orizzontale

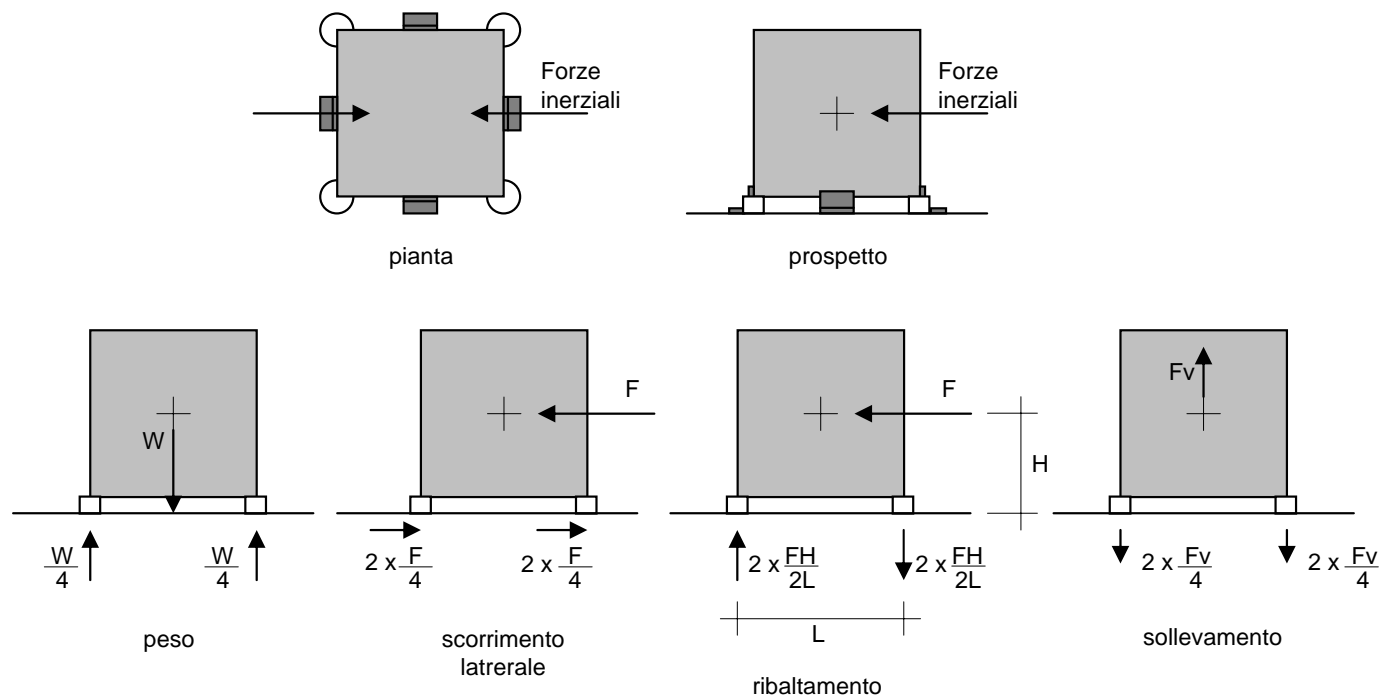
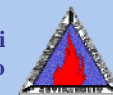
Se l'apparecchiatura non è montata in modo rigido e la tubazione non è controventata prevedere una connessione flessibile



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



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.

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.



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

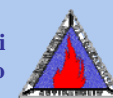
Z è l'altezza del baricentro dell'elemento rispetto alla fondazione

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



Ministero dell'Interno

DIPARTIMENTO DEI VIGILI DEL FUOCO, DEL SOCCORSO PUBBLICO E DELLA DIFESA CIVILE
DIREZIONE CENTRALE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA TECNICA

**GUIDA TECNICA
PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA
DELL'IMPIANTISTICA ANTINCENDIO**

Bozza versione novembre 2011

Gruppo lavoro Sicurezza sismica impianti

versione del 01/11/2011



Fornire criteri e indicazioni operative per ridurre la vulnerabilità sismica degli impianti antincendio

REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA SISMICA

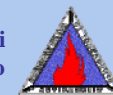
Fornire indicazioni di tipo preventivo per evitare situazioni di difficoltà o di pericolo per le persone in caso di terremoto legate alla evacuabilità dei luoghi e alla generazione di effetti indotti connessi con il rischio d'incendio, quali ad esempio rilasci di sostanze pericolose o infiammabili.

QUANDO, DOVE, COSA E PERCHÉ

è opportuno fare
per ridurre la vulnerabilità

COME
riferimenti utili

NTC2008 DIMENSIONAMENTO

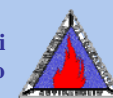


Requisiti minimi di sicurezza sismica per garantire, a seconda delle esigenze:

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



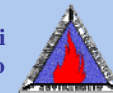
| Requisiti di sicurezza sismica | | |
|--------------------------------|---|--|
| <i>sigla</i> | <i>descrizione</i> | <i>obiettivo specifico</i> |
| S | Mantenimento stabilità | non generare situazioni di pericolo per le persone |
| F | Mantenimento funzionalità | non determinare compromissioni di servizio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



| Elemento | Criteri progettuali (in ordine di priorità) |
|---------------------------------------|--|
| <i>Lay-out</i> | Preferire sistemi distributivi organizzati a livelli inferiori alla quota campagna Preferire sistemi di distribuzione ridondanti Prevedere ove necessario di riserva per la fornitura dei fluidi |
| <i>Attraversamento giunti sismici</i> | Ridurre il numero di attraversamenti nei giunti di separazione sismica Portare più possibile gli attraversamenti al piano di campagna o interrato Installare giunti flessibili |
| <i>Apparecchiature</i> | Posizionare le apparecchiature pesanti i 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 |
| <i>Interazioni</i> | 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 |
| <i>Tipo di installazione</i> | 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)



Monografie e documenti tecnici

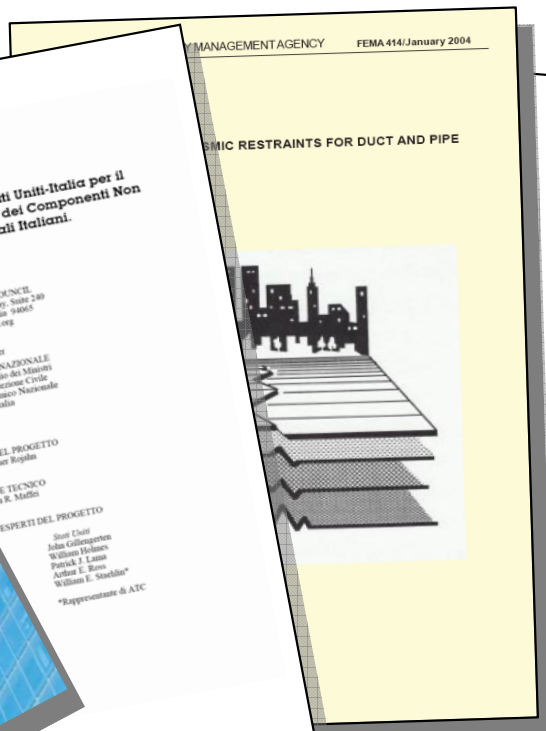
Monografie
AICARR



ATC 51-2



FEMA 412- 413 - 414



NFPA 13



Manuale
SMACNA

Guida tecnica
INAIL Ancoraggi



Approval Standard assicurativi

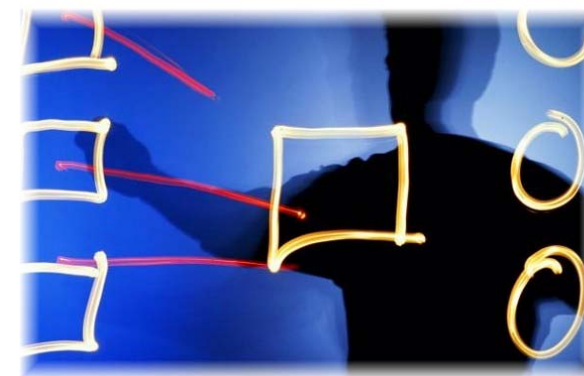


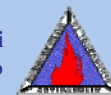
Manuali tecnici di
industrie di settore





- 1 CONTESTUALIZZAZIONE E
DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI
DELLE VALUTAZIONI
(REQUISITI DI SICUREZZA SISMICA)
- 2 INDIVIDUAZIONE DELLE
CRITICITÀ E DELLE SOLUZIONI
PROGETTUALI PIÙ OPPORTUNE PER
RIDURRE LE VULNERABILITÀ
(SCHEDE GUIDA DI INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ E DELLE SOLUZIONI)
- 3 DIMENSIONAMENTO DEI SINGOLI ELEMENTI
E COMPONENTI
(RIMANDO A NORME STANDARD E DOCUMENTI TECNICI ESISTENTI)





- ↪ L'INTERAZIONE TRA I VARI COMPONENTI COSTITUISCE UNO DEI PRINCIPALI ELEMENTI DI CRITICITÀ
- ↪ NON BASTA LA PROGETTAZIONE DEL SINGOLO COMPONENTE SOPRATTUTTO SE SI DEVE MANTENERE LA FUNZIONALITÀ E AGIBILITÀ DEI LOCALI
- ↪ APPROCCIO PROGETTUALE MIRATO AD ELIMINARE LE CRITICITÀ ANCHE E SOPRATTUTTO LEGATE ALLE SCELTE DEL LAY-OUT
- ↪ IMPORTANZA DELLA CORRETTA DISPOSIZIONE E DELL'ADEGUATO DIMENSIONAMENTO DEGLI ANCORAGGI E DELLE CONTROVENTATURE
- ↪ PROGETTAZIONE CONTESTUALIZZATA E COORDINATA

In questo quadro le Linee di indirizzo del Ministero costituiscono:
UNA GUIDA PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE VULNERABILITÀ E PER LA RICERCA DELLE POTENZIALI STRATEGIE E SOLUZIONI PER ELIMINARLE O RIDURLE (SIA PER NUOVE COSTRUZIONI SIA PER QUELLE ESISTENTI)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



Stefano Grimaz

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

stefano.grimaz@uniud.it