



MODULO BASE
**Valutazione e riduzione del rischio sismico
nel patrimonio costruito**

Esiste un responsabile?



Amatrice, febbraio 2017

OBIETTIVO DELL'INCONTRO:

- a) Illustrare la differenza tra valutazione della vulnerabilità e valutazione del rischio sismico
- b) Richiamare i dettati normativi che obbligano alla valutazione della vulnerabilità ed alla valutazione del rischio sismico
- c) Evidenziare i compiti ed i ruoli dei soggetti chiamati alle valutazioni del rischio e della vulnerabilità
- d) Suggerire una priorità ed una procedura per l'individuazione degli edifici che devono essere oggetto di valutazione
- e) Indicare alcuni punti focali d'attenzione per il rischio sismico
- f) Indicare costi parametrici per la stima dei costi legati alla valutazione tecnica della vulnerabilità e del rischio

P = Pericolosità sismica (dipende dalla posizione dell'edificio sul territorio italiano)

V = Vulnerabilità sismica (dipende dalle caratteristiche di resistenza a sisma della struttura)

E = Esposizione al rischio sismico (dipende dal modo con cui usiamo l'edificio)

R = rischio sismico

$$R = (P \times V \times E)$$

La valutazione della Vulnerabilità sismica può essere considerata la ricerca di un parametro oggettivo

deducibile dai calcoli ingegneristici relativi alla capacità limite di resistenza a sisma di ogni singolo edificio.

Trattasi di un parametro che, solo a seguito di precise analisi tecniche, viene elaborato da un tecnico abilitato e che, con riferimento D.M. 58 del 28/02/2017 coordinato con il D.M 65 del 07/03/2017, può essere associato all'Indice di Rischio inteso quale peggiore indice di classificazione tra :

IS-V = Indice di sicurezza

PAM = Indice della perdita annua media attesa

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A_{IS-V}^+
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D_{IS-V}
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A_{PAM}^+
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	A^+_{IS-V}
$80\% \leq IS-V < 100\%$	A_{IS-V}
$60\% \leq IS-V < 80\%$	B_{IS-V}
$45\% \leq IS-V < 60\%$	C_{IS-V}
$30\% \leq IS-V < 45\%$	D_{IS-V}
$15\% \leq IS-V < 30\%$	E_{IS-V}
$IS-V \leq 15\%$	F_{IS-V}



Indice di sicurezza strutturale

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A^+_{PAM}
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A_{PAM}
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B_{PAM}
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C_{PAM}
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D_{PAM}
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E_{PAM}
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F_{PAM}
$7,5\% \leq PAM$	G_{PAM}



Indice economico

La valutazione della Rischio sismico, quale combinazione fattoriale dei 3 indici Pericolosità, Vulnerabilità , Esposizione risulta un parametro

soggettivo

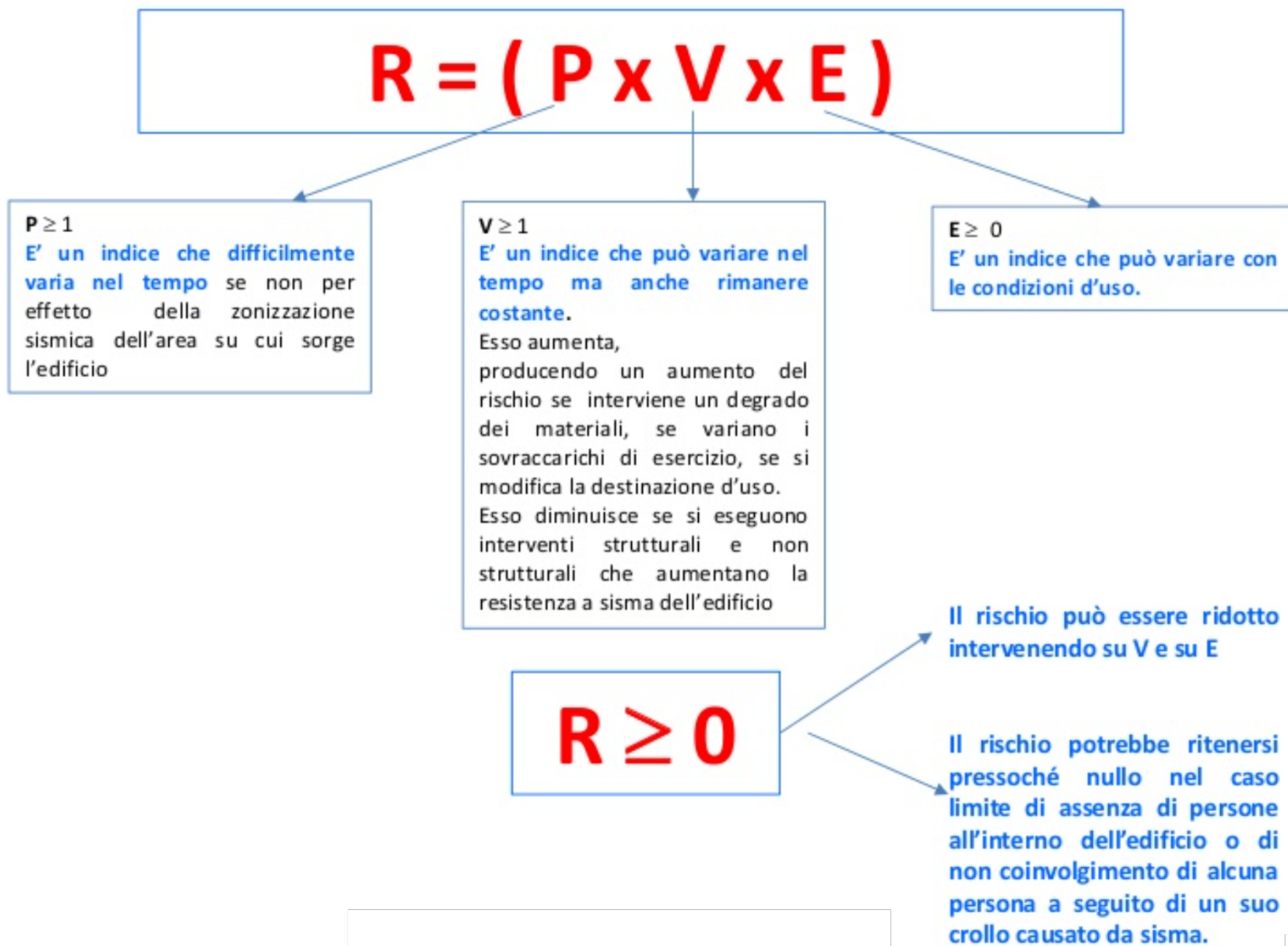
In quanto dipendente dal giudizio che un tecnico potrà attribuire a tali parametri attraverso un indice numerico, una volta che siano valutati (a puro titolo di esempio ed in modo non esaustivo) :

Per il parametro P : la zonizzazione sismica dell'area su cui sorge l'edificio, le caratteristiche del sottosuolo,

Per il parametro V : la resistenza a sisma della struttura attraverso il parametro IS-V, la resistenza a sisma degli elementi non strutturali appartenenti alla struttura (tamponature, controsoffitti, impianti e loro staffaggi, scaffalature, ecc...), il grado di inefficienza e le carenze rilevate nei vari elementi strutturali che compongono l'edificio.

Per il parametro E : il grado di rischio derivante dall'ambiente circostante a causa di un sisma, il grado di rischio causabile all'ambiente circostante dal collasso dell'edificio a causa del sisma, il grado di rischio legato alla presenza dei lavoratori nell'edificio, la Vita Utile Residua attribuita al singolo edificio

OBBIETTIVO : VALUTARE E, POSSIBILMENTE, RIDURRE IL RISCHIO DA SISMA ALLO SCOPO DI SALVAGUARDARE LA VITA DEI LAVORATORI ED IN GENERALE DI TUTTI GLI OCCUPANTI DELL'EDIFICIO



SALVAGUARDIA DELLA VITA

Definizione dello Stato Limite secondo Norme Tecniche – NTC 2018 :

A seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni di componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali ed un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Per la classificazione del Rischio Sismico si tratterà in ultima analisi di predisporre una griglia del tipo sotto indicato

Entità del Rischio	R
Basso	$0 < R < 10$
Moderato	$10 \leq R < 35$
Medio alto	$35 \leq R < 80$
Alto	$80 \leq R < 150$
Altissimo	$R > 150$

essendo facoltà del tecnico incarico della valutazione del rischio sismico apportare qualunque autonoma e contingente variazione all'entità dei singoli coefficienti P_i , E_i , V_i .

Riassumendo :

VALUTARE IL RISCHIO SISMICO SIGNIFICA

STUDIARE con metodo analitico o semplificato OGNI SINGOLO EDIFICIO valutando:

- Il comportamento a sisma della struttura;
- Gli aspetti che maggiormente possono incidere sulla sicurezza dei suoi occupanti;
- il grado di rilevanza delle eventuali carenze e la loro la possibilità di correzione, suggerendo una priorità ed un tempo limite di intervento

VALUTARE IL RISCHIO SISMICO NON SIGNIFICA

A. Progettare gli interventi per la riduzione del rischio

VALUTARE IL RISCHIO SISMICO NON COMPORTA NECESSARIAMENTE

B. L'obbligo di eseguire interventi di rafforzamento locali o globali della costruzione, dei suoi elementi non strutturali o dei suoi impianti.

L'OBBLIGO DI INTERVENIRE sussiste solo quando, in assenza di nuovi interventi edilizi, si ravveda una situazione di carenza di sicurezza

Il ruolo del

DATORE DI LAVORO

PERCHE' IL DATORE DI LAVORO

DEVE VALUTARE IL RISCHIO SISMICO

PER GLI EDIFICI CHE COMPONGONO LA PROPRIA AZIENDA?

D.Lgs. 81/2008

- Articolo 15 - Misure generali di tutela

1. Le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro sono:

- a) **la valutazione di tutti i rischi** per la salute e sicurezza;
- c) l'eliminazione dei rischi e, ove ciò non sia possibile, **la loro riduzione al minimo in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico**;

- Art. 17 – Obblighi del datore di lavoro non delegabili

1. Il datore di lavoro non può delegare le seguenti attività:

- a) la valutazione di tutti i rischi con la conseguente elaborazione del documento previsto dall'articolo 28;

D.Lgs. 81-2008 _ ALLEGATO IV REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1. AMBIENTI DI LAVORO

1.1. Stabilità e solidità

1.1.1. Gli edifici che ospitano i luoghi di lavoro o qualunque altra opera e struttura presente nel luogo di lavoro devono essere stabili e **possedere una solidità** che **corrisponda** al loro tipo d'impiego ed **alle caratteristiche ambientali**.

- **Articolo 28 - Oggetto della valutazione dei rischi**

1. La valutazione di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), **deve** riguardare **tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori**.
2. Lettera a). La scelta dei criteri di redazione del documento è rimessa al datore di lavoro, che vi provvede con criteri di semplicità, brevità e comprensibilità, in modo da garantirne la completezza e l'idoneità quale strumento operativo di pianificazione degli interventi aziendali e di prevenzione.

- **Articolo 29 - Modalità di effettuazione della valutazione dei rischi**

Il datore di lavoro effettua la valutazione ed elabora il documento di cui all'articolo 17, comma 1, lettera a), **in collaborazione con il responsabile del servizio di prevenzione e protezione** e il medico competente, nei casi di cui all'articolo 41.

- **Articolo 33 - Compiti del servizio di prevenzione e protezione**

1. Il servizio di prevenzione e protezione dai rischi professionali provvede:
 - a) all'individuazione dei fattori di rischio, **alla valutazione dei rischi e all'individuazione delle misure per la sicurezza** e la salubrità **degli ambienti di lavoro**, nel rispetto della normativa vigente sulla base della specifica conoscenza dell'organizzazione aziendale;

Articolo 36 - Informazione ai lavoratori

1. Il datore di lavoro provvede affinché ciascun lavoratore riceva una adeguata informazione:
 - b) sulle procedure che riguardano il primo soccorso, la lotta antincendio, **l'evacuazione dei luoghi di lavoro;**

- Articolo 43 - Disposizioni generali

1. Ai fini degli adempimenti di cui all'articolo 18, comma 1, lettera t), **il datore di lavoro:**
 - c) informa tutti i lavoratori che possono essere esposti a un **pericolo grave e immediato** circa le misure predisposte e i **comportamenti da adottare;**
 - d) **programma gli interventi,** prende i provvedimenti e **dà istruzioni** affinché i lavoratori, in caso di pericolo grave e immediato che non può essere evitato, possano cessare la loro attività, o mettersi al sicuro, abbandonando immediatamente il luogo di lavoro;

Codice Civile

Articolo 2087

L'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro.

Codice Penale

Art. 589 Omicidio colposo.

*Chiunque cagiona per colpa la morte di una persona è punito con la reclusione da 6 mesi a 5 anni. Se il fatto è commesso con violazione delle norme sulla disciplina della circolazione stradale o di quelle per la prevenzione degli **infortuni sul lavoro** la pena è della reclusione da 2 a 7 anni.*

Norme sulle costruzioni

Per quanto riguarda l'aspetto della Pericolosità «P»

OPCM 20 marzo 2003 « Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza 3274)»

TUTTO IL TERRITORIO NAZIONALE VIENE SUDDIVISO IN ZONE SISMICHE

Ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A con probabilità di superamento del 10% in 50 anni come da tabella seguente

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

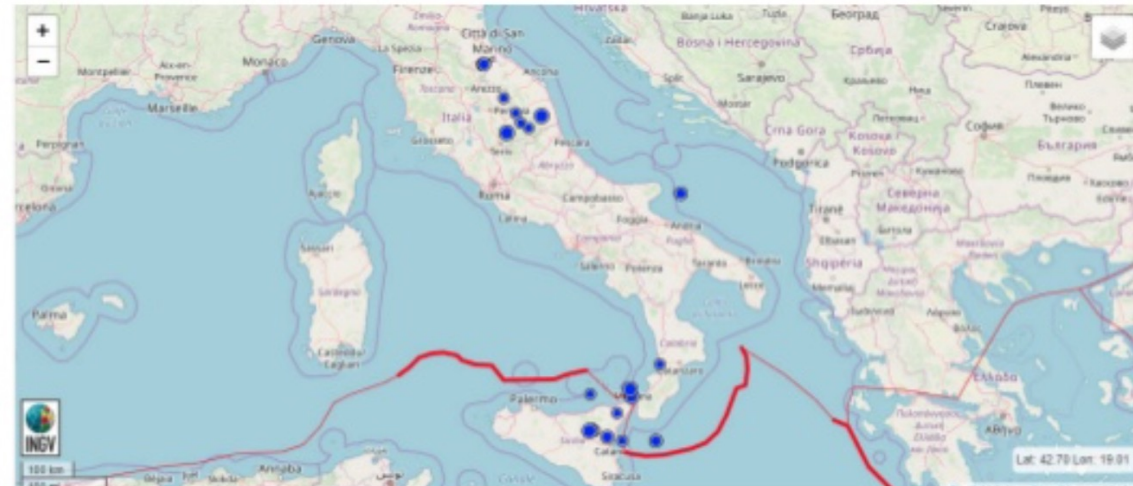
Per quanto riguarda l'aspetto della Vulnerabilità «V»

D.M. 17 gennaio 2018 Ministero Infrastrutture e trasporti
«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»»

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

«Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

I terremoti del 26-27/03/2019



Visualizzati 25 terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente)

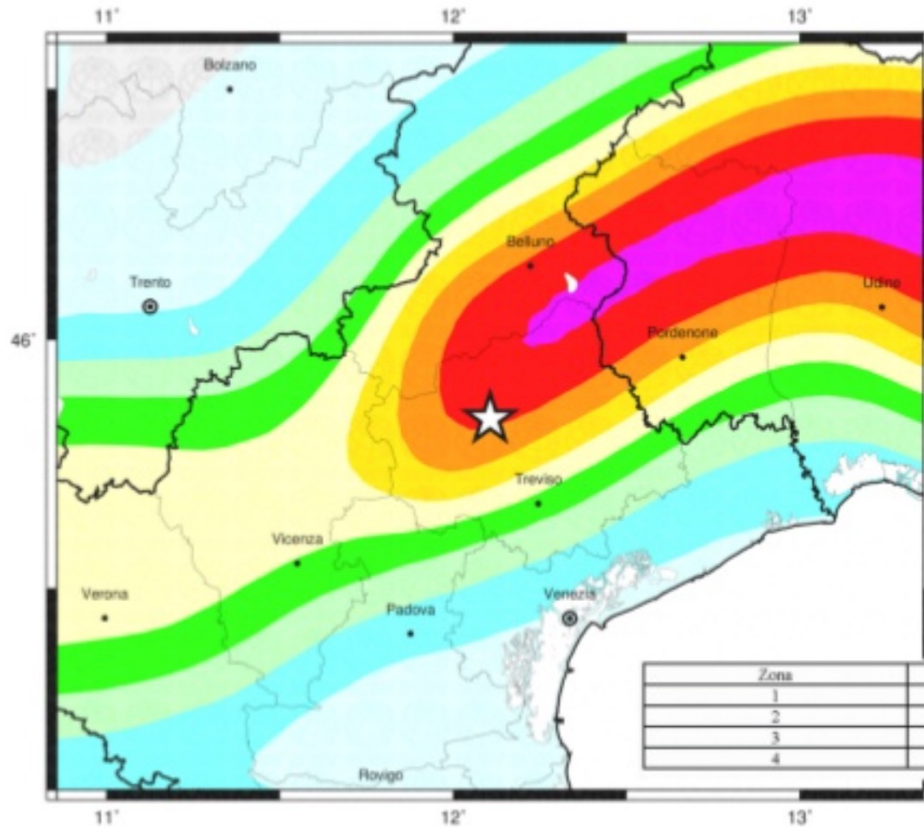
Esporta lista (UTC)

Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
2019-03-27 09:30:18	ML 2.3	4 km NE Spoleto (PG)	11	42.77	12.75
2019-03-27 09:21:49	ML 1.5	9 km SE Castelsantangelo sul Nera (MC)	14	42.84	13.22
2019-03-27 09:13:43	ML 1.6	7 km SE Troina (EN)	25	37.76	14.67
2019-03-27 08:31:10	ML 2.0	Mar Ionio Meridionale (MARE)	15	37.56	16.04
2019-03-27 07:54:04	ML 1.6	3 km E Troina (EN)	26	37.78	14.64
2019-03-27 07:50:58	ML 1.8	6 km SE Troina (EN)	32	37.76	14.67
2019-03-27 07:26:03	ML 2.4	5 km NE Gagliano Castelferrato (EN)	35	37.74	14.58
2019-03-27 07:20:16	ML 1.6	3 km SW Troina (EN)	36	37.77	14.57
2019-03-27 05:32:10	ML 1.9	2 km E Ragusa (CT)	8	37.64	14.96
2019-03-27 03:29:32	ML 1.5	1 km W Benavalle di Chienti (MC)	50	43.08	12.94
2019-03-27 02:26:42	ML 1.7	Costa Calabra sull'occidentale (Catanzaro, Vibo Valentia, Reggio di Calabria)	8	38.88	16.12
2019-03-26 23:30:21	ML 1.5	3 km W Vico (MC)	9	42.93	13.06
2019-03-26 20:00:21	ML 1.6	1 km NW Monteparo (FM)	22	43.03	13.55
2019-03-26 19:54:47	ML 2.4	2 km SW Monteleone di Fermo (FM)	22	43.03	13.52
2019-03-26 14:28:07	ML 1.5	5 km NE Novara di Sicilia (ME)	8	38.04	15.16
2019-03-26 14:08:46	ML 2.0	1 km E Sant'Agata Feltria (RN)	23	43.87	12.23
2019-03-26 13:54:01	ML 1.7	3 km SW Novaletta (RN)	24	43.88	12.26
2019-03-26 13:52:58	ML 1.7	2 km E Sant'Agata Feltria (RN)	22	43.86	12.23
2019-03-26 13:52:13	ML 2.1	2 km E Sant'Agata Feltria (RN)	19	43.86	12.23
2019-03-26 08:49:31	ML 2.2	Costa Siciliana nord orientale (Messina)	72	38.35	15.49
2019-03-26 07:31:41	ML 1.6	5 km SW Costacciaro (PG)	10	43.33	12.67
2019-03-26 03:34:22	ML 1.6	Costa Catanese (Catania)	50	37.57	15.30
2019-03-26 03:12:35	ML 2.0	Adriatico Meridionale (MARE)	37	41.77	16.59
2019-03-26 02:24:40	ML 1.6	Costa Siciliana nord orientale (Messina)	50	38.37	14.59
2019-03-26 01:32:29	ML 2.3	Tirreno Meridionale (MARE)	203	38.46	15.46

MAGNITUDO	TRITOLO	EQUIVALENTE ENERGIA
0	15 grammi	63 kJ
1	0,48 chilogrammi	2 MJ
1,5	2, 7 chilogrammi	11 MJ
2	15 chilogrammi	63 MJ
2,5	85 chilogrammi	355 MJ
3	477 chilogrammi	2.0 GJ
3,5	2, 7 tonnellate	11 GJ
4	15 tonnellate	63 GJ
4,5	85 tonnellate	355 GJ
5	477 tonnellate	2TJ
5,5	2682 tonnellate	11TJ
6	15 000 tonnellate	63TJ
6,5	85 000 tonnellate	354TJ
7	477 000 tonnellate	2 PJ
7,5	2, 7 milioni di tonnellate	11 PJ
8	15 milioni di tonnellate	63 PJ
8,35	50,5 milioni di tonnellate	211 PJ
8,5	85 milioni di tonnellate	355 PJ
9	477 milioni di tonnellate	2 EJ
9,15	800 milioni di tonnellate	3,35 EJ
9,5	2,7 miliardi di tonnellate	11 EJ
10	15 miliardi di tonnellate	63 EJ

Pericolosità sismica

Evento del 2011-09-13 18:35:22 (UTC) di magnitudo 3.6



Accelerazione orizzontale del suolo
con probabilità di eccedenza del 10%
in 50 anni riferita ai suoli rigidi

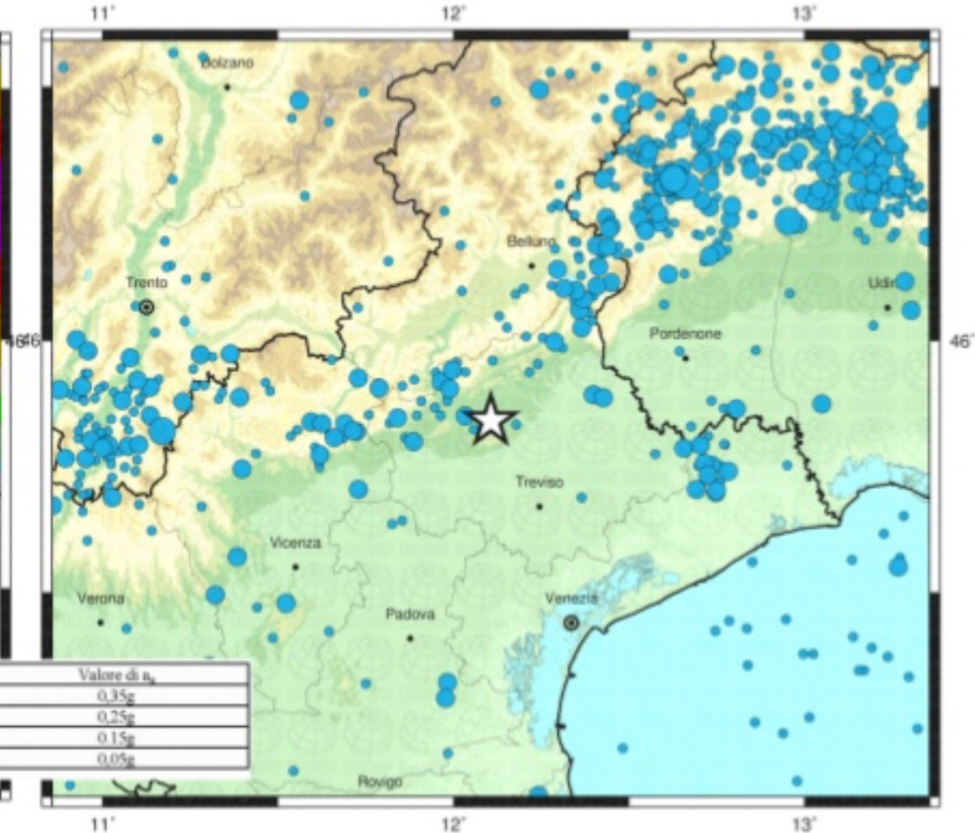


Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale
(GdL MPS, 2004; nt. OPCM del 28 aprile 2006, n. 3519, All. 1b)
espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con
probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi
($V_s 30 > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

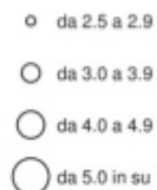
Dati: zonesismiche.mi.ingv.it

I terremoti dal 1985 ad oggi

Evento del 2011-09-13 18:35:22 (UTC) Magnitudo 3.6



Magnitudo



Tempi



Sono riportati gli eventi sismici
localizzati dalla Rete Sismica Nazionale
dal 1985 ad oggi di magnitudo ≥ 2.5 .
Dati: iside.rm.ingv.it

Dati INGV :

Il terremoto che ha colpito Ischia la sera del 21 agosto 2017 ha avuto **Magnitudo Locale ML 3.6 ± 0.2 e Magnitudo Durata MD 4.0 ± 0.3** .

Le due stime di magnitudo sono visibili alla pagina informativa dell'evento sismico (<http://cnt.rm.ingv.it/event/16796811#LocalizzazioniMagnitudo>)

Tabella 1 – Parametri significativi del moto sismico registrato nelle direzioni Est-Ovest e Nord-Sud dalla stazione IOCA di Casamicciola il 21 agosto 2017 alle 20.57.

Componente	PGA	PGV	PGD	I _{Arias}	I _{Housner}	D ₅₋₉₅
	[g]	[cm/s]	[cm]	[cm/s]	[cm]	[s]
Est-Ovest	0.28	17.8	2.3	39.4	66.3	2.86
Nord-Sud	0.19	11.5	1.7	22.2	43.5	3.61

Zona sismica S=2

Valori dei parametri a_g , F_a , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_a [-]	T_c^* [s]
30	0,035	2,337	0,274
50	0,047	2,316	0,312
72	0,058	2,339	0,321
101	0,070	2,326	0,326
140	0,084	2,323	0,329
201	0,102	2,300	0,327
475	0,153	2,284	0,325
975	0,201	2,335	0,325
2475	0,269	2,473	0,325



Per quanto riguarda infine l'aspetto della Vulnerabilità «V» con specifico riferimento all'indice di sicurezza di una costruzione la normativa di riferimento è

- **D.M. 58 del 28/02/2017 coordinato con il D.M 65 del 07/03/2017**
- **Allegato A al D.M. 65 del 07/03/2017**

LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE COSTRUZIONI

che costituiscono lo strumento di tecnico di valutazione del rischio previsto per la regolamentazione e l'accesso agli incentivi fiscali, il così detto **Sismabonus** previsto dalla Legge di bilancio 23/12/2016 , emanato con specifico riferimento sia all'edilizia privata che produttiva.

Si tratta del **primo strumento di attivazione di una politica di *Prevenzione Sismica* del patrimonio edilizio abitativo e produttivo** del Paese.

OBIETTIVO DELLE LINEE GUIDA:

Attribuire ad ogni singolo edificio una specifica **Classe di Rischio Sismico, da A+ a G**, mediante un unico parametro che tenga conto sia della **sicurezza** sia degli **aspetti economici**

Classe di rischio

classe A+ (meno rischio)

classe A

classe B

classe C

classe D

classe E

classe F

classe G (più rischio)

Per la determinazione della Classe di Rischio si fa riferimento a due parametri:

PAM (Perdita Annuale Media attesa) : che tiene in considerazione le perdite economiche associate ai danni agli elementi, strutturali e non, e riferite al **costo di ricostruzione (CR)** dell'edificio privo del suo contenuto

IS-V = l'indice di sicurezza della struttura definito come il **rapporto** tra l'accelerazione di picco al suolo (PGA, *Peak Ground Acceleration*, normalmente indicata nelle normative tecniche anche con *a,g*) che determina il raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), e la PGA che la norma indica, nello specifico sito in cui si trova la costruzione e per lo stesso stato limite, come riferimento per la progettazione di un nuovo edificio

$$= a,g, \text{capacità} / a,g, \text{domanda}$$

IS-V, indice di sicurezza della struttura, è altrimenti noto anche come "Indice di Rischio".

Se dunque disponiamo di 2 diversi parametri che possono dare perciò valutazioni diverse nella classe calcolata da A+ a G,

quale sarà allora il parametro univoco di Rischio da attribuire alla struttura ?

Ci viene in aiuto l'Allegato A al D.M. n. 65/2017 che, al paragrafo 2.1) punto 11) stabilisce che

Si individua la Classe di Rischio della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e la Classe IS-V.

Dal sito **INAIL** a seguito del terremoto in Emilia del 2012

Alla Haemotronic di Medolla quattro vittime.

La scossa più forte di ieri mattina ha provocato il crollo di decine di capannoni a Medolla.

Al loro interno si trovavano numerosi dipendenti che stavano riordinando i macchinari per riprendere l'attività dopo la scossa del 20 maggio.

Il crollo dell'Haemotronic, azienda del settore biomedicale che dà lavoro a circa 90 dipendenti, **è costato la vita a quattro operai**, l'ultimo dei quali ritrovato 24 ore dopo il sisma.

Sul posto stanno lavorando i vigili del fuoco, che scavano con le mani, le unità cinofile e le gru per spostare le macerie più pesanti.

Nel Paese sono stati evacuati il Comune, in seguito alla **caduta di mobili e controsoffitti**, e la scuola media, dove i ragazzi delle terze preparavano l'esame conclusivo.

Dal sito **INAIL** a seguito del terremoto in Emilia del 2012

Lutti anche a San Felice sul Panaro e Mirandola.

Alla ditta Meta di San Felice sul Panaro, specializzata nella meccanica di precisione, sono **morti due operai** di nazionalità marocchina e pachistana **e un tecnico**, un ingegnere italiano che proprio in quel momento stava effettuando con loro alcuni accertamenti sulla staticità dell'edificio.

Anche alla Bbg srl di Mirandola in un crollo provocato dalla scossa di ieri mattina hanno perso la vita tre operai e quattro sono rimasti feriti, uno dei quali in modo grave.

Dopo il terremoto di domenica 20 maggio, la Bbg, specializzata come la Meta di San Felice nella meccanica di precisione e nella fabbricazione di gruppi assemblati, aveva ripreso l'attività soltanto due giorni fa, avendo ottenuto l'agibilità giovedì scorso.

Dal
CORRIERE DELLA SERA
del 07/09/2016

EMILIA

In 17 alla sbarra I processi al via l'anno prossimo

In Emilia sono crollati soprattutto i capannoni industriali. Ed è lì che si sono concentrate le inchieste giudiziarie delle procure di Modena e Ferrara, le province più colpite dal terremoto che il 20 e 29 maggio del 2012 fece 27 vittime, in maggioranza dipendenti di aziende distrutte. Inizialmente erano stati aperti circa 15 fascicoli per altrettanti crolli e gli indagati erano 73 (23 a Modena e 30 a Ferrara). Di questi, 4 anni dopo la tragedia, 12 si sono trasformati in imputati contro i quali nel 2017 verranno celebrati tre distinti processi per i crolli dei capannoni industriali (due a Ferrara e uno a Modena). Al momento, dunque, nessuna condanna. Il 16 gennaio a Ferrara riprenderà il via al processo alla Tecopress dove il 20 maggio 2012 perse la vita un operaio che faceva il turno di notte.

Cinque gli imputati: i progettisti, il collaudatore, il titolare dell'azienda e la responsabile della sicurezza.

Il pm Cleo Savino contesta all'imprenditore, per la prima volta nell'ambito di un sisma, la violazione delle norme di sicurezza sui luoghi di lavoro nonostante non esistessero nel Ferrarese obblighi di legge. Il 13 dicembre sarà la volta dell'Ursa di Bondeno (una vittima) con due imputati per omicidio colposo e due nuovi indagati sui quali il pm sta valutando. Sempre a Ferrara potrebbe esserci un terzo processo,

quello alla Ceramica Sant'Agostino dove morirono due operai e per il quale la procura ha chiesto il rinvio a giudizio nei confronti di tre tecnici e del titolare dell'azienda. Il 19 gennaio partirà invece l'unico processo di Modena, quello per il crollo della Meta di San Felice sul Panaro, dove il 29 maggio persero la vita un ingegnere e due operai. Tre gli imputati: il sindaco di San Felice Alberto Silvestri, il capo dell'ufficio tecnico dello stesso Comune e il tecnico di parte che rilasciò il certificato di agibilità del capannone dopo la prima scossa sismica. Oltre all'omicidio colposo plurimo, la procura contesta il falso: il documento sull'agibilità sarebbe stato sostituito dopo il crollo con un testo modificato.



20 e 29 maggio 2012

Lombardia



Magnitudo	5.9
Vittime	27
Processi	(da iniziare) 3
Indagati	53
Condannati	0



Il ruolo del Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione

RSPP

Cassazione penale Sez. IV – Sentenza n. 28613 del 6 luglio 2015

Il responsabile del servizio di prevenzione e protezione, pur svolgendo all'interno della struttura aziendale un **ruolo** non gestionale ma **di consulenza**, ha l'obbligo giuridico di adempiere diligentemente l'incarico affidatogli e di collaborare con il datore di lavoro, individuando i rischi connessi all'attività lavorativa e fornendo le opportune indicazioni tecniche per risolverli, all'occorrenza disincentivando eventuali soluzioni economicamente più convenienti ma rischiose per la sicurezza dei lavoratori, con la conseguenza che, in relazione a tale suo compito, può essere chiamato a rispondere, quale garante, degli eventi che si verifichino per effetto della violazione dei suoi doveri

Cassazione penale Sez. IV – Sentenza 2536 del 21 gennaio 2016

A seguito di una violenta scossa sismica l'edificio che ospitava un convitto nazionale a l'Aquila subì rilevanti crollo di porzioni di muratura e dei solai. Tre morti e due feriti. La Cassazione conferma la condanna per omicidio e per lesione personale colposa sia del dirigente scolastico del convitto, sia del dirigente del settore edilizia e pubblica istruzione della provincia, ente tenuto alla manutenzione ordinaria e straordinaria dell'immobile. E a proposito del RSPP insegna:

» Il Responsabile del servizio di prevenzione e protezione è una figura dotata di una delicata funzione di supporto informativo, valutativo e programmatico ma priva di autonomia decisionale. Essa tuttavia coopera in un contesto che vede coinvolti diversi soggetti con distinti ruoli e competenze. **Non vi è dubbio che tale figura sia destinataria di obbligo giuridico** afferente al diligente svolgimento delle indicate funzioni. D'altra parte tale ruolo è parte inscindibile di una procedura complessa, che sfocia nelle scelte operative sulla sicurezza compiute dal datore di lavoro. **Tale cooperazione può dunque ben rilevare ai fini della spiegazione causale dell'evento illecito, come accade ad esempio nel caso si manchi di informare il datore di lavoro di un rischio la cui conoscenza derivi da competenze specialistiche.** In tale situazione si è ritenuto razionale attribuire, in presenza di tutti i presupposti di legge ed in particolare di condotta colposa, la **responsabilità dell'evento al soggetto di cui si parla**»

Peraltro nel **caso di specie, il S.P.R.R. si salva. E ciò perché «l'ingegnere responsabile della sicurezza aveva ampiamente relazionato per iscritto circa le gravi carenze riscontrate nelle struttureomissis ...**

Obblighi del Datore di lavoro nella scelta dei propri consulenti

Corte di Cassazione - Penale Sezione III - Sentenza n. 12962 del 26 marzo 2015 - Pres. Fiale – Est. Andronio – P.M. D'Ambrosio - Ric. omissis. - Individuata a carico di un datore di lavoro la “culpa in eligendo” e la “culpa in vigilando” per avere affidata la valutazione dei rischi aziendali a una società esterna non dotata di idonea organizzazione e per non avere controllato il suo operato.

FERMI RESTANDO GLI OBBLIGHI IN CAPO AL DATORE DI LAVORO ED AL R.S.P.P.

**PUO' RISULTARE ECONOMICAMENTE
OPPORTUNO
PER IL DATORE DI LAVORO
PROCEDERE ALLA VALUTAZIONE
DEL RISCHIO SISMICO ?**

EFFETTI ECONOMICI DEGLI EVENTI SISMICI SULLA SOCIETA'

In Italia i sismografi registrano ogni anno migliaia di terremoti, fortunatamente tra di essi solo un centinaio sono di magnitudo percepibile anche dalla popolazione del territorio interessato. I fenomeni più gravi, quelli a carattere distruttivo, si ripetono, invece, con una cadenza in media ultrannuale: esaminando gli ultimi 150 anni i grandi terremoti sono stati in tutto circa 30, **in pratica uno ogni 5 anni**.

- **COSTI DIRETTI** (costi per la demolizione degli edifici esistenti non più recuperabili, costi per la ricostruzione degli edifici demoliti, costi per la riparazione e/o il rafforzamento di edifici danneggiati dal sisma).
- **COSTI INDIRETTI** (costi per interruzione delle attività lavorative, riduzione della produzione industriale, costi sociali per l'alterazione del tessuto economico, mancati guadagni per le aziende sull'occupazione, misure di sostegno al reddito (CIG) ordinarie, straordinarie e in deroga, aiuti *una tantum* ai lavoratori autonomi, sgravi fiscali, esenzioni dalle imposte, costi per la *governance* post-sisma, aggravii di spesa per l'attivazione di presidi medici e di assistenza , ecc..).

Il rapporto della Banca Mondiale del 1995, dal titolo *“Understanding the economic and financial impacts of natural disaster”* ha tentato di fornire una definizione del costo economico totale dei disastri dovuti a sisma.

L'ufficio Studi della Camera dei deputati, nel 2009, ha ricostruito per ogni singolo terremoto, a partire dal sisma del Belice nel 1968, le disposizioni normative che si sono succedute nel tempo, quantificando il flusso dei finanziamenti statali autorizzati, prendendo in considerazione i contributi per la ricostruzione, per le iniziative economiche e di sviluppo produttivo e occupazionale nelle singole aree terremotate.

Tab. 6 - Tavola Riassuntiva costi attualizzati terremoti in Italia 1968 -2012

Evento	Anno	Periodo attivazione interventi	Importo attualizzato 2014 (milioni di euro)
Valle del Belice(*)	1968	1968-2028	9.179
Friuli V. G. (*)	1976	1976-2006	18.540
Irpinia	1980	1980-2023	52.026
Marche Umbria (*)	1997	1997-2024	13.463
Puglia Molise (*)	2002	2002-2023	1.400
Abruzzo (**)	2009	2009-2029	13.700
Emilia (**)	2012	2012-	13.300
Totale			121.608

(*) Dati a consuntivo sulle risorse effettivamente stanziati dallo Stato

(**) Previsioni di spesa delle autorità locali preposte alla ricostruzione

Fonte: Elaborazione Centro Studi CNI su dati Ufficio Studi Camera dei Deputati, Regione Emilia Romagna, Commissario delegato per la ricostruzione Presidente della Regione Abruzzo

ANNO	Entrate Tributarie (milioni di euro)	Evento	Costi diretti ed indiretti (milioni di euro)	Incidenza sulle entrate tributarie
2002	332.263,00	Terremoto Molise	1.400,00	0,42%
2003	342.639,00			
2004	361.737,00			
2005	364.531,00			
2006	398.652,00			
2007	417.753,00	Terremoto Abruzzo	13.700,00	3,31%
2008	422.629,00			
2009	414.010,00			
2010	408.964,00			
2011	415.642,00			
2012	426.606,00	Terremoto Emilia	13.300,00	3,12%
2013	42.784,00			
2014	425.492,00			
2015	449.791,00	Terremoto Centro Italia	23.500,00	5,14%
2016	456.816,00			
Totale	5.680.309,00		51.900,00	0,914%

Quando è necessario effettuare la Valutazione della Vulnerabilità sismica e la valutazione del Rischio sismico ?

- EDIFICI di nuova costruzione

- **Valutazione della vulnerabilità sismica** : NO. Il progettista strutturale deve aver dimensionato l'edificio nel pieno rispetto delle Norme Tecniche vigenti (NTC 2018) che prevedono la resistenza a sisma. Il collaudo statico ne ha reso poi formale certificazione. L'edificio è per definizione in classe di rischio IS-V «A» e verosimilmente «A+». E' da ritenere possa essere sufficiente, se richiesta, una certificazione e/o la compilazione della scheda di 1° o 2° Livello ai fine della Protezione Civile.

- **Valutazione del Rischio sismico** : SI. Il consulente del Datore di lavoro, ricevute da questi le indicazioni sul modo d'uso dell'edificio, ne classifica il rischio.

- EDIFICI esistenti

Valutazione della vulnerabilità sismica : [SI](#). Previsto dal D.M. 81/2008

Compete a : **Datore di lavoro con supporto SPP**

1. Obbligo di inserire, descrivere la procedura adottata , esprimere la valutazione del rischio sismico all'interno del DVR aziendale
2. Obbligo di adottare un piano di emergenza nel caso di sisma e di diffonderlo ai lavoratori
3. Obbligo di predisporre un programma di manutenzione e miglioramento o di dismettere l'utilizzo dell'edificio

- EDIFICI esistenti

Valutazione della vulnerabilità sismica : SI. Previsto dalla NTC 2018

Compete a : **Datore di lavoro con supporto SPP quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni**

4. - riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a:
- a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione; danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
 - provati gravi errori di progetto o di costruzione;
 - cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
 - esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;

- EDIFICI esistenti

Aggiornamento della Valutazione della vulnerabilità sismica : [SI](#) . Previsto dalla NTC 2018

- **ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali del seguente tipo:**
 - b) **interventi di miglioramento** (La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme).
 - c) **interventi di adeguamento** (sopraelevazione; ampliamento mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione esistente e tali da alterarne significativamente la risposta; variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10 %;
interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso di interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani)
- **quando intervengano modifiche normative o si rilevi una evoluzione nello stato di conservazione della struttura che producano**
 - d) alterazione dei dati di input adottati nella valutazione della vulnerabilità (Per esempio cambio della zonizzazione sismica, degrado dei materiali, comparsa di effetti deformativi, ecc..)

- EDIFICI esistenti

- **Valutazione del Rischio sismico** : SI. Il consulente del Datore di lavoro, ricevute da questi le indicazioni sulle modalità di utilizzo dell'edificio, ne classifica il rischio.

Aggiornamento della valutazione del Rischio sismico: SI. Previsto dal D.lgs. 81/2008 ogni qualvolta

- si siano create le condizioni per una modifica del livello di vulnerabilità;
- si modifichino le condizioni d'uso dell'edificio

La procedura per il calcolo della

Vulnerabilità

PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI SEDE DI LUOGO DI LAVORO

Compete a : **SPP e/o al Tecnico incaricato dal Datore di Lavoro**

1. Ricercare l'epoca di costruzione di ogni singolo edificio e la classificazione sismica vigente al momento della sua progettazione (analisi storico-critica);
2. Determinare il grado di sismicità attuale della zona ed i parametri sismici di riferimento consultando la Classificazione sismica per Comune di appartenenza fornita ad esempio dal sito della Protezione Civile <http://www.protezionecivile.gov.it>;
3. Definire la Classe d'uso dell'edificio, come definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni «NTC 2018»

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Classe I : Costruzioni con presenza solo occasionale di persone

Classe II : Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente.

Classe III : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV : Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

A titolo di esempio sulle diverse classi d'uso

Denominazione : Casa di riposo per anziani

Identificazione dell'edificio : A

Tipologia dell'edificio: [Degenze](#)

Classe d'uso : [Cu = 2](#)

Identificazione dell'edificio : B

Tipologia dell'edificio: [Mensa per il personale impiegato](#)

Classe d'uso : [Cu = 1.5](#)

Identificazione dell'edificio : C

Tipologia dell'edificio: [Lavanderia](#)

Classe d'uso : [Cu = 1](#)

Più elevata è la classe d'uso :

- Più elevata è la richiesta di resistere alle azioni sismiche
- Più elevato il tempo di ritorno TR del sisma che ha una probabilità solo del 10% di essere superato nell'arco di 50 anni. Stato limite di Salvaguardia della Vita

PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI SEDE DI LUOGO DI LAVORO

Compete a : **SPP e/o al Tecnico incaricato dal Datore di Lavoro**

4. Attribuire una classificazione sismica al suolo su cui sorge l'edificio.

Secondo le Norme Tecniche per le costruzioni NTC 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi.

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, **si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione del valore della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .**

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Se non disponibili specifiche indagine geotecniche, queste devono perciò essere obbligatoriamente eseguite. La richiesta di resistere all'azione sismica si amplifica passando da un terreno di categoria A (roccia) ad uno di categoria B e, quindi da B a C e da C a D.

PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI SEDE DI LUOGO DI LAVORO

Compete a : **SPP e/o al Tecnico incaricato dal Datore di Lavoro**

5. Il rilievo geometrico-strutturale che dovrà essere riferito alla geometria complessiva sia della costruzione che degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza.
Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica. Il rilievo potrà essere sostituito dall'esame degli elaborati grafici originali della costruzione e dal controllo della rispondenza dei luoghi a tali documenti.

6. Accertare le caratteristiche meccaniche dei materiali strutturali che compongono l'edificio. Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali.

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Le Norme Tecniche vigenti definiscono **3 livelli di conoscenza delle strutture esistenti** cui corrispondono altrettanti coefficienti di sicurezza da applicarsi alle caratteristiche dei materiali, coefficienti che per le verifiche di resistenza strutturale prendono il nome di **fattori di confidenza**.

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi sismica e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato e in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (%)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e indagini limitate in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e prove limitate in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con indagini limitate in situ; in alternativa indagini estese in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con prove limitate in situ; in alternativa da prove estese in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con indagini limitate in situ; in alternativa indagini esaustive in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con prove estese in situ; in alternativa da prove esaustive in situ	Tutti	1,00

PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI SEDE DI LUOGO DI LAVORO

La Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"», fornisce un criterio orientativo per definire il numero di accertamenti sui materiali che devono essere condotti in ragione del livello di conoscenza «LC» che si intende conseguire.

Nel caso delle strutture in Calcestruzzo ad esempio fornisce la tabella seguente.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Tabella C8.5.VI – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di acciaio

Livello di Indagini e Prove	Rilievo (dei collegamenti) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)(d)}
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro...)	
<i>limitato</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell'edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell'edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell'edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell'edificio

Raggiungere livelli sempre maggiori di indagini e prove (limitato --> esteso --> esaustivo) comporta costi economici preliminari via via crescenti, ma consente di adottare fattori di confidenza inferiori e perciò di attribuire all'edificio una capacità di resistenza a sisma via via crescente.

PROCEDURA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI EDIFICI SEDE DI LUOGO DI LAVORO

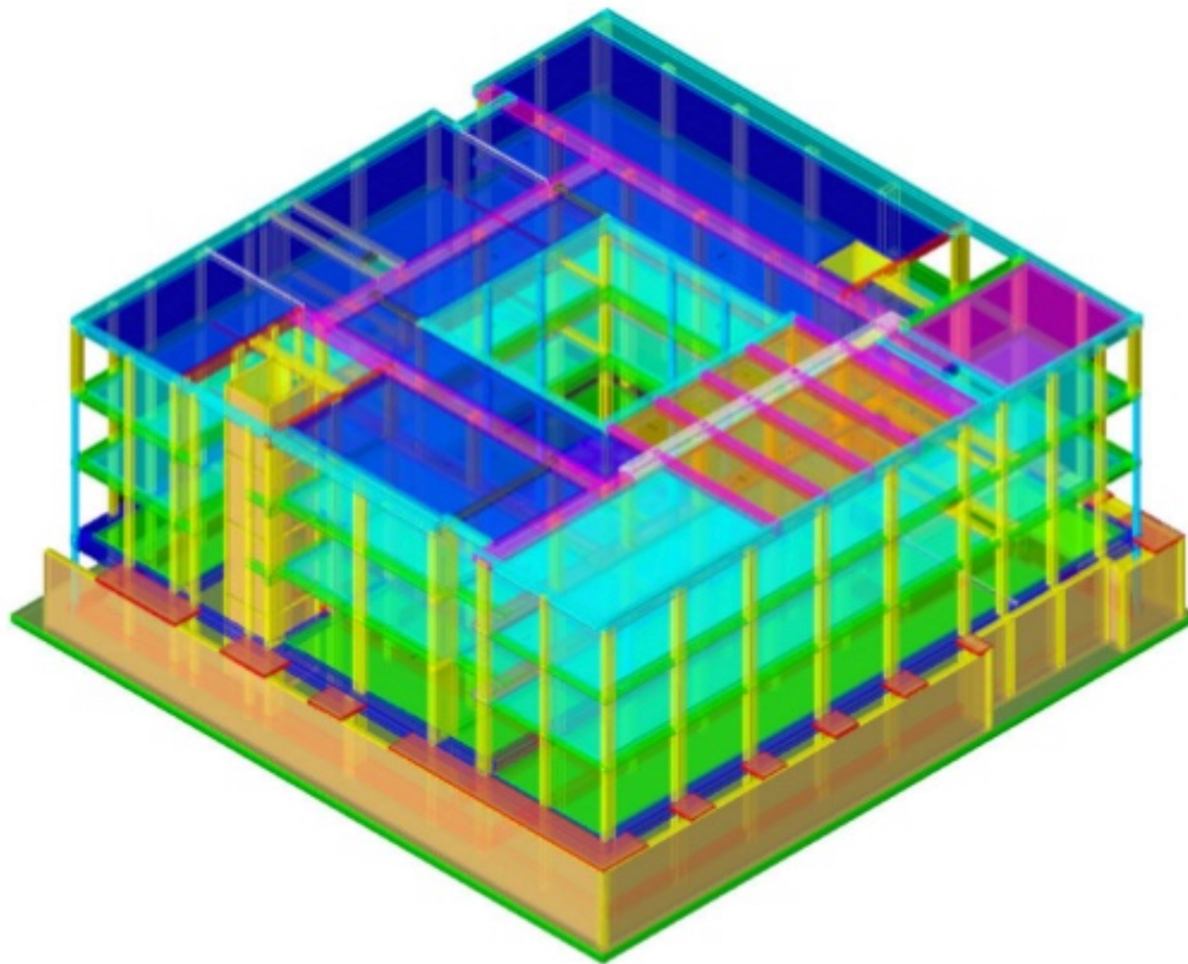
Compete a : **SPP e/o al Tecnico incaricato dal Datore di Lavoro**

7. **Verificare i carichi di progetto per i quali è stato calcolato l'edificio e confrontarli con quelli della destinazione d'uso corrente.**
Le Norme Tecniche sulle costruzioni precisano che nelle verifiche sugli edifici esistenti i valori delle azioni e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, sono quelle definite per le nuove costruzioni.
8. **Eseguire la verifica strutturale di resistenza a sisma** con metodo analitico o con metodo semplificato (consentito solo per le costruzioni in muratura) da cui desumere il parametro : Indice di Rischio.
9. **Indicare quali elementi siano risultati dall'analisi non conformi a quanto richiesto per una nuova costruzione**, in modo tale che il Datore di Lavoro e/o il Committente dell'indagine possano programmare un eventuale intervento di consolidamento strutturale con priorità legate al grado di inefficienza accertato.

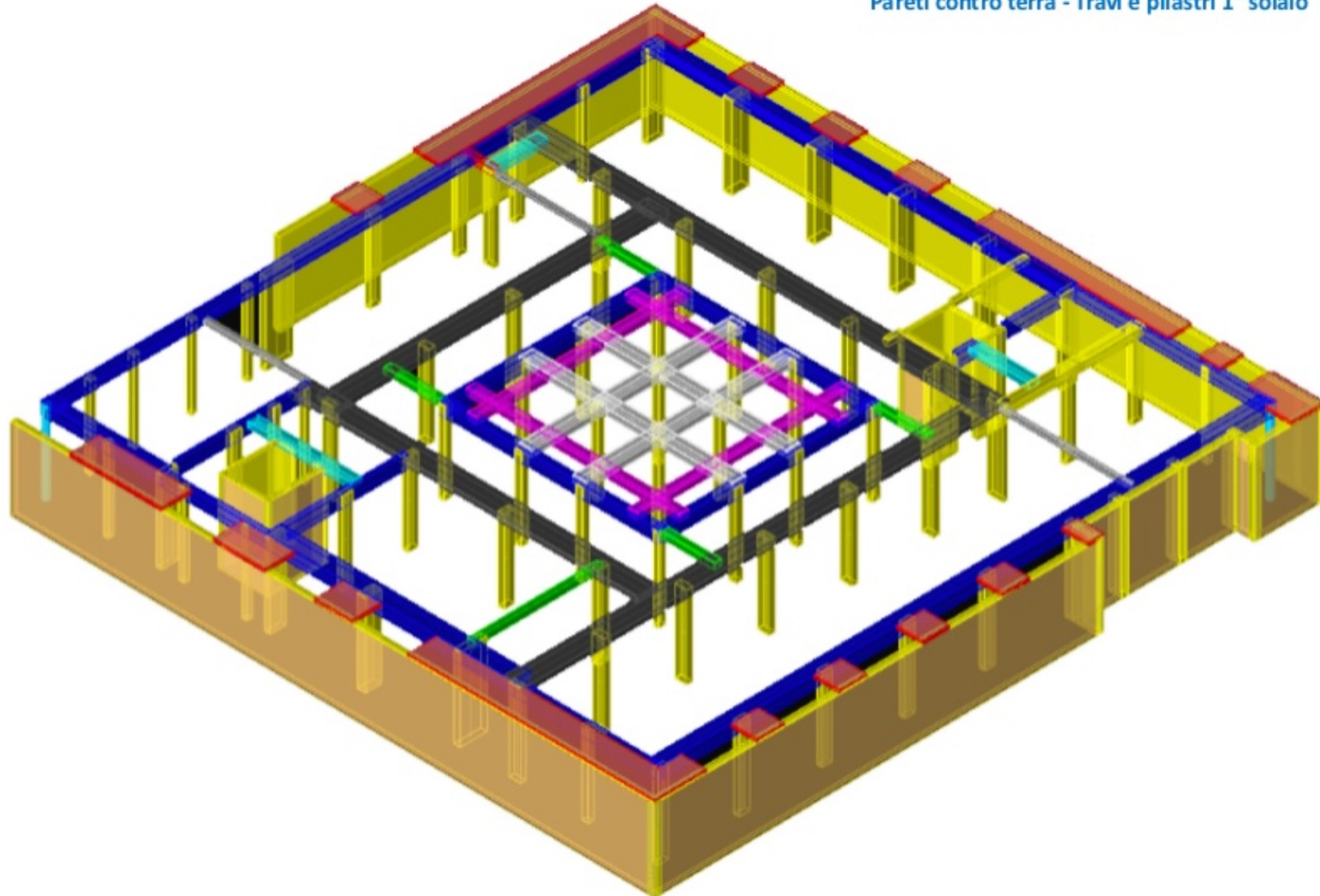
**ESEGUIRE LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO
NON SIGNIFICA PROGETTARE GLI EVENTUALI INTERVENTI DI
MIGLIORAMENTO O DI ADEGUAMENTO SISMICO**

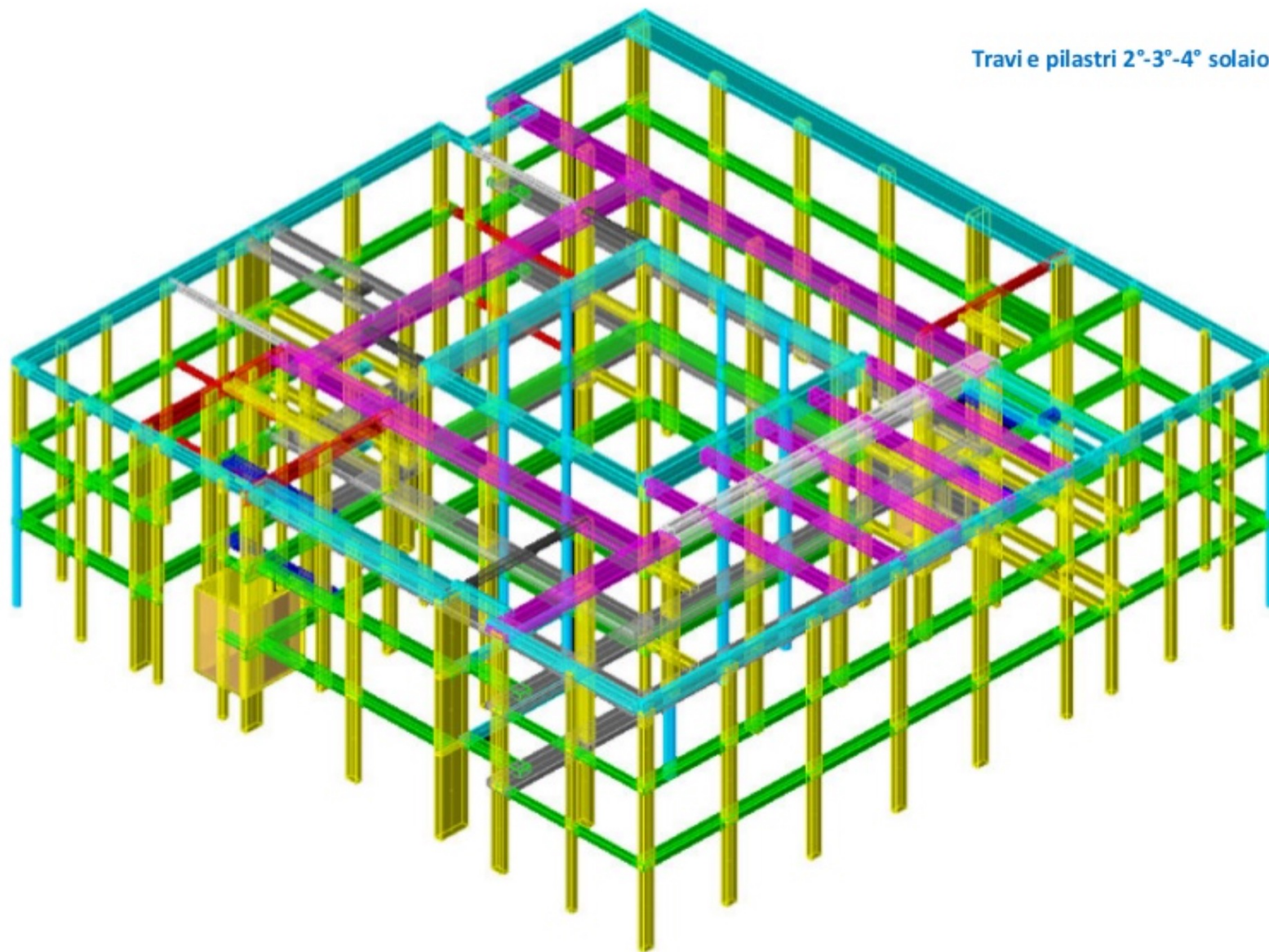
ESEGUIRE UNA VERIFICA DI RESISTENZA A SISMA RICHIEDE AL TECNICO

UN IMPEGNO DI FATTO EQUIVALENTE ALLA
RIPROGETTAZIONE A NUOVO DELL'EDIFICIO



Pareti contro terra - Travi e pilastri 1° solaio





Travi e pilastri 2°-3°-4° solaio

Osservazioni sulla Vita Residua dell'edificio ed il suo Deprezzamento

Tabella DEPREZZAMENTO - VETUSTA

N = numero di anni della costruzione

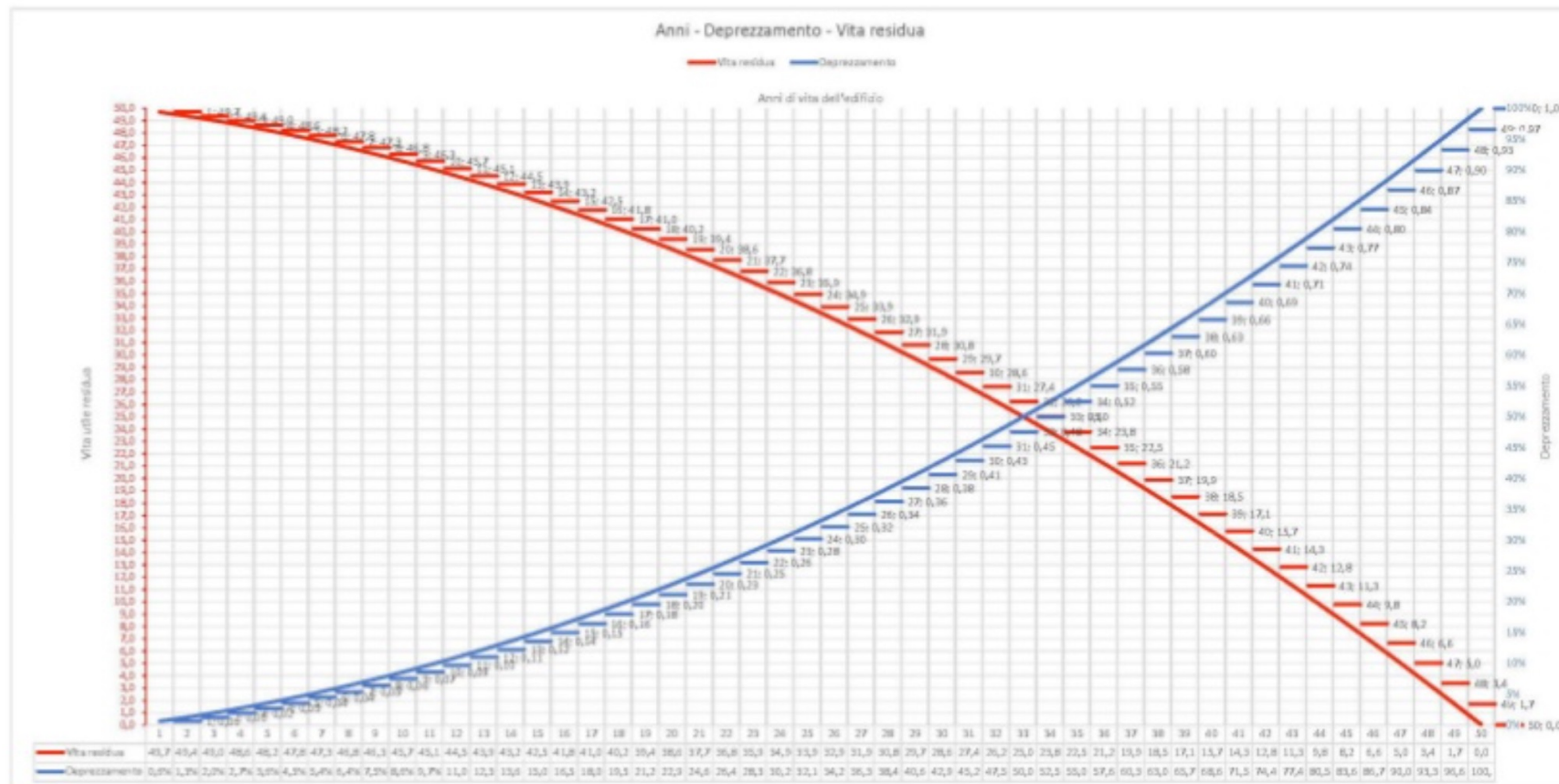
V_u = Vita Utile all'origine = 50

$D = (A+20)^2 / 140 - 2,86$

A = N*100/V_u

V_{res.} = vita residua = V_u*(1-D)

N	A	D	V _{res.}
1	2	0,6%	49,7
2	4	1,3%	49,4
3	6	2,0%	49,0
4	8	2,7%	48,6
5	10	3,6%	48,2
6	12	4,5%	47,8
7	14	5,4%	47,3
8	16	6,4%	46,8
9	18	7,5%	46,3
10	20	8,6%	45,7
11	22	9,7%	45,1
12	24	11,0%	44,5
13	26	12,3%	43,9
14	28	13,6%	43,2
15	30	15,0%	42,5
16	32	16,5%	41,8
17	34	18,0%	41,0
18	36	19,5%	40,2
19	38	21,2%	39,4
20	40	22,9%	38,6
21	42	24,6%	37,7
22	44	26,4%	36,8
23	46	28,3%	35,9
24	48	30,2%	34,9
25	50	32,1%	33,9
26	52	34,2%	32,9
27	54	36,3%	31,9
28	56	38,4%	30,8
29	58	40,6%	29,7
30	60	42,9%	28,6
31	62	45,2%	27,4
32	64	47,5%	26,2
33	66	50,0%	25,0
34	68	52,5%	23,8
35	70	55,0%	22,5
36	72	57,6%	21,2
37	74	60,3%	19,9
38	76	63,0%	18,5
39	78	65,7%	17,1
40	80	68,6%	15,7
41	82	71,5%	14,3
42	84	74,4%	12,8
43	86	77,4%	11,3
44	88	80,5%	9,8
45	90	83,6%	8,2
46	92	86,7%	6,6
47	94	90,0%	5,0
48	96	93,3%	3,4
49	98	96,6%	1,7
50	100	100,0%	0,0



OBBLIGHI E TEMPI DI INTERVENTO

Nell'anno 2010, anche a seguito di un analogo provvedimento emanato dalla Regione Emilia Romagna ben prima che qui si verificasse il terremoto del 2012, venne pubblicato dal Dipartimento della Protezione Civile il **DPC/SISM/83283 del 04/11/2010** che cita testualmente

*«Ai sensi della OPCM 3274/03 i proprietari e/o gestori di opere strategiche per finalità di protezione civile o suscettibili di conseguenze rilevanti in caso di collasso, hanno l'obbligo di sottoporre a verifica sismica dette opere entro tempi stabiliti con legge od ordinanza, ma non hanno l'obbligo immediato di intervento, **solo un obbligo di programmazione degli interventi stessi**»*

ed ancora

*«per offrire un supporto oggettivo a chi (proprietari, strutture di controllo, etc.) deve prendere o giudicare decisioni, ritiene opportuno chiarire il concetto di **"gravità dell'inadeguatezza" commisurata alla «vita nominale restante»** omissis..... **«si può ipotizzare che la vita nominale restante sia il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza»***

ed ancora

*«si può adottare quale periodo entro il quale attivare il rimedio ad una data inadeguatezza sismica, **il tempo TINT (tempo di intervento) tale per cui: $(TINT \ Cu) / TsLv = - \ln (1 - 0,1) = 0,105$** »*

Calcolati dunque dal tecnico incaricato con l'analisi della struttura allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita :

- **PGA, domanda** (accelerazione sismica con cui deve essere progettato un edificio nuovo ma esattamente corrispondente per geometria e materiali a quello reale)
- **TR,domanda** (Tempo di ritorno dell'accelerazione sismica con cui deve essere progettato un edificio nuovo)
- **PGA,capacità** (accelerazione sismica cui può resistere l'edificio esistente reale)
- **TR,capacità** (Tempo di ritorno associato alla PGA,capacità)

sarà possibile assegnare al singolo edificio

$$T_{INT} = \text{tempo di intervento} = 0.105 * TR, \text{capacità} / C_u$$

essendo C_u la classe d'uso dell'edificio

Il DPC/SISM/83283 del 04/11/2010 indica infine che

*Il CTS (Comitato Tecnico Scientifico) ritiene che sia ipotizzabile rinviare a tempi successivi, in occasione di interventi generali e comunque senza la necessità di una immediata programmazione, gli interventi su quegli edifici per i quali **T_{INT} risulti maggiore di 30 anni** (accettando, con ciò, che una modesta "inadeguatezza" possa caratterizzare le costruzioni esistenti a tempo indeterminato, anche tenendo conto della convenzionalità delle analisi).*

*Sul fronte opposto, si intende che **nel caso in cui la valutazione della sicurezza evidenzi "particolari elementi di rischio", i provvedimenti necessari alla riduzione di quest'ultimo a valori accettabili debbano essere adottati nel minor tempo possibile**. Oltre ad elementi specifici che il tecnico incaricato potrà individuare, per gli aspetti sismici è ragionevole "particolari elementi di rischio" i meccanismi caratterizzati da **T_{INT} < 2 anni**.*

Secondo IDPC/SISM/83283 del 04/11/2010

$$T_{INT} = \text{tempo di intervento} = 0.105 * TR_{\text{capacità}} / C_u \geq 2 \text{ anni}$$

Esempio : edificio sede di casa per anziani ----> $c, u=2$

Si tratta di accertare che l'edificio abbia la capacità di sopportare un sisma associato ad un Tempo di ritorno almeno pari a :

$$TR_{\text{capacità}} \geq 2 * 2 / 0.105 = 38 \text{ anni}$$

Analogamente, secondo il DPC/SISM/83283, poiché non si ritengono sensibili le carenze di un edificio classificato da un tempo di intervento pari o superiore a :

$$T_{INT} = \text{tempo di intervento} = 0.105 * TR_{\text{capacità}} / C_u \geq 30 \text{ anni}$$

non vi è la necessità di programmare alcun intervento strutturale se, al momento della valutazione della vulnerabilità, esso risulti associato ad un sisma che abbia un tempo di ritorno superiore a :

$$TR_{\text{capacità}} \geq 30 * 2 / 0.105 = 571 \text{ anni}$$

Esempio : edificio sede di casa per anziani ----> $c, u=2$; $T_{int} = 8 \text{ anni}$

IL DATORE DI LAVORO E' INDEROGABILMENTE CHIAMATO A PROGRAMMARE UN INTERVENTO ENTRO 8 ANNI ?

NO

IN TAL CASO E' OPPORTUNO CHE IL DATORE DI LAVORO PROVVEDA A FAR RIVERIFICARE ENTRO TALE TERMINE LA VULNERABILITA' SISMICA ACCERTANDO CHE : NON SIANO DECADUTE LE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI, NON SIA MODIFICATA LA SUA GEOMETRIA, NON SIANO STATE ALTERATE LE CONDIZIONI D'USO.
DALLA VERIFICA EMERGERA' UN NUOVO TEMPO DI INTERVENTO O VERRA' RICONFERMATO IL PRECEDENTE.

Costi parametrici per lo svolgimento dello studio di vulnerabilità sismica

O.P.C.M. 8-7-2004 n. 3362

Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell'art. 32-bis del D.L. 30 settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla L. 24 novembre 2003, n. 326. (Ordinanza n. 3362).

Alla data odierna non sussiste, neppure per le Opere Pubbliche, un tariffario ufficiale cui fare riferimento per la determinazione dei costi professionali e di indagine legati allo studio di vulnerabilità sismica di edifici esistenti.

Sino ad oggi le Amministrazioni fanno prevalentemente riferimento al O.P.C.M. 8-7-2004 n. 3362 e successivo O.P.C.M. 3376 del 17-09-2004 che indicano un

Costo convenzionale di verifica per edifici

*proporzionale alla cubatura dell'edificio e finalizzato alla **determinazione dei finanziamenti concedibili** dallo Stato.*

Su questa norma varie sono le interpretazioni date in particolare dagli Uffici Tecnici dei Comuni che redigono i bandi di gara per questo servizio, ma l'interpretazione più attendibile sembra quella data dall'Agenzia del Demanio nei propri bandi per la quale

- Il costo convenzionale di verifica per edifici indicato dal O.P.C.M. 3362 e 3376, deve intendersi comprensivo di IVA;
- Il costo convenzionale al netto di IVA deve intendersi riferito all'anno 2004 e rivalutato secondo coefficiente ISTAT all'anno in cui si prospetta la gara per l'affidamento del servizio;
- Il costo convenzionale come sopra comprende ogni onere per l'accertamento delle caratteristiche di resistenza dei materiali strutturali secondo Norme Tecniche vigenti (Circolare Min. Inf. e Trasp. 11/02/2009)
- Il costo convenzionale di cui al O.P.C.M. 3362 e 3376 non comprende le eventuali attività di rilievo dell'edificio esistente che, se non disponibile da parte della stazione appaltante, deve essere ricompensato secondo Tabella B.3.2 del D.M. 04/04/2001 – Tariffario Ingegneri ed Architetti per le opere pubbliche
- Il costo convenzionale di cui al O.P.C.M. 3362 e 3376 non comprende le indagini geotecniche del terreno su cui sorge l'edificio e finalizzate alla sua classificazione sismica.
- Il costo convenzionale non comprende il contributo CNPAIA
- Il costo convenzionale non comprende gli oneri della sicurezza da valutarsi in ragione del 5% del costo delle indagini geotecniche e dei rilievi

Concludendo ed in breve :

- ***Resta in capo al Datore di Lavoro l'obbligo di verifica della vulnerabilità sismica degli edifici aziendali esistenti costruiti prima del marzo 2003;***
- ***Resta in capo al Datore di Lavoro l'obbligo di redigere la Valutazione del Rischio sismico per tutti gli edifici aziendali sia nuovi che esistenti che possono risultare fonte di rischio per i lavoratori e per i suoi occupanti a seguito di evento sismico;***
- ***Resta in capo al Datore di Lavoro aggiornare il DVR – documento di valutazione dei rischi aziendali considerando il rischio sismico, programmando eventuali interventi di riduzione dello stesso;***
- ***Non vi è obbligo di dare corso ad un programma immediato di riduzione del rischio;***
- ***La determinazione del Tempo di intervento fornisce una prima indicazione sulla necessità e sulla tempistica di adozione delle misure di messa in sicurezza.***
- ***Qualora non varino le condizioni al contorno (quali ad esempio la normativa tecnica di riferimento, lo stato di conservazione dell'edificio, le caratteristiche dei materiali, la sua destinazione d'uso e la sua geometria) una rivalutazione del grado di vulnerabilità sismica porta alla determinazione del medesimo Tempo di intervento, con conseguente proroga temporale della eventuale programmazione.***
- ***La valutazione del Rischio sismico è un'operazione dinamica che richiede un aggiornamento anche documentale ogni qualvolta intervengano variazioni nella vulnerabilità, nella pericolosità e nella esposizione (modalità di utilizzo) dell'edificio.***

Come si valuta la vulnerabilità sismica di una struttura?

Secondo la definizione del Dipartimento di Protezione Civile la vulnerabilità sismica è *la propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello a fronte di un evento sismico di una data intensità*.

In poche parole la vulnerabilità sismica è la predisposizione di una struttura a subire danneggiamenti o crolli.

La valutazione della vulnerabilità sismica si articola in diverse fasi e può seguire procedure da condurre con diversi livelli di approfondimento e complessità di calcolo.

Ai fini della scelta della tipologia di intervento da applicare sarà necessario seguire i metodi di analisi previsti dalle **NTC 2018** e quindi condurre analisi strutturali coerenti con le prescrizioni presenti nelle norme tecniche.

L'iter da seguire per la valutazione della vulnerabilità sismica:

A partire dal paragrafo 8.3 delle NTC 2018 viene definito l'iter da seguire per la “Valutazione della sicurezza” ovvero l'individuazione delle criticità di un fabbricato e quindi della sua vulnerabilità, che si articola nelle seguenti fasi:

- Analisi storico critica
- Rilievo geometrico e strutturale
- Caratterizzazione meccanica dei materiali
- Definizione dei livelli di conoscenza e dei conseguenti fattori di confidenza
- Valutazione delle azioni e analisi strutturale
- Eventuali interventi da progettare

Tra gli interventi Il capitolo 8.4 della NTC 2018 individua i seguenti interventi:

- interventi di adeguamento
- interventi di miglioramento
- riparazioni o interventi locali

Affinché la progettazione degli eventuali interventi di miglioramento o adeguamento sismico possano essere affidabili e significativi è necessario realizzare un modello numerico rappresentativo dell'effettivo comportamento strutturale. Ne consegue che i passaggi più delicati saranno la definizione del modello di calcolo e la scelta del metodo di analisi più appropriato.

Nel caso si decidesse di operare con **analisi di tipo lineare**, il problema principale sarà la definizione del fattore di struttura **q** da utilizzare per considerare le risorse post elastiche dell'edificio. Non conoscendo per una struttura esistente i criteri adottati in fase di progetto non è semplice ipotizzare il tipo di meccanismo di collasso globale.

A causa di questa incertezza si assumeranno fattori di struttura bassi in via cautelativa, ma sicuramente nessuno potrà garantire questo valore.

Nel caso di nuove costruzioni il rispetto delle prescrizioni garantirà la scommessa fatta scegliendo aprioristicamente un fattore di struttura. Al contrario per una struttura esistente non sarà possibile imporre i requisiti dettati dalle prescrizioni.

Con i **metodi non lineari**, come **l'analisi pushover** e **l'analisi dinamica non lineare**, non si avrà più la necessità di definire aprioristicamente e arbitrariamente il fattore di struttura, anzi esso stesso potrà essere calcolato mediante queste analisi.

Analisi Pushover: valutazione sismica di una struttura esistente

MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA NON LINEARE

Analisi dinamica non lineare

L'analisi dinamica non lineare è il tipo di analisi più completo, ma è anche il più complesso.

Aspetti particolarmente delicati:

- individuazione di un modello che sia in grado di descrivere il comportamento post-elastico sotto cicli di carico e scarico degli elementi e la conseguente dissipazione di energia
- scelta degli accelerogrammi, rappresentativi degli eventi attesi nella zona in cui è situata la costruzione

L'analisi dinamica non lineare richiede l'utilizzo di programmi di calcolo in grado di descrivere la non linearità del materiale.

I programmi attualmente disponibili sono di due tipi:

- modellazione tramite cerniere plastiche **modelli a plasticità concentrata**
- modellazione tramite fibre **modelli a plasticità diffusa**

MODELLI A PLASTICITA' CONCENTRATA

- tutti gli elementi che costituiscono la struttura (generalmente elementi tipo trave) rimangono in campo elastico
- laddove si prevede la formazione di una cerniera plastica, vengono introdotti elementi cerniera con comportamento anelastico

la non linearità della struttura rimane concentrata in pochi elementi

il legame costitutivo della cerniera plastica dipende dalla posizione nella struttura e dal comportamento del singolo elemento strutturale e da quello globale della struttura – di solito i programmi hanno un'ampia libreria fra cui scegliere

vantaggi

meno onerosa dal punto di vista computazionale (maggior parte elementi elastici) e più facilmente gestibile

permette di descrivere diversi fenomeni: comportamento flessionale, deformabilità a taglio, scorrimento dell'armatura, flessibilità nodo trave-colonna

particolarmente adatta per modellare il comportamento di strutture esistenti

svantaggi

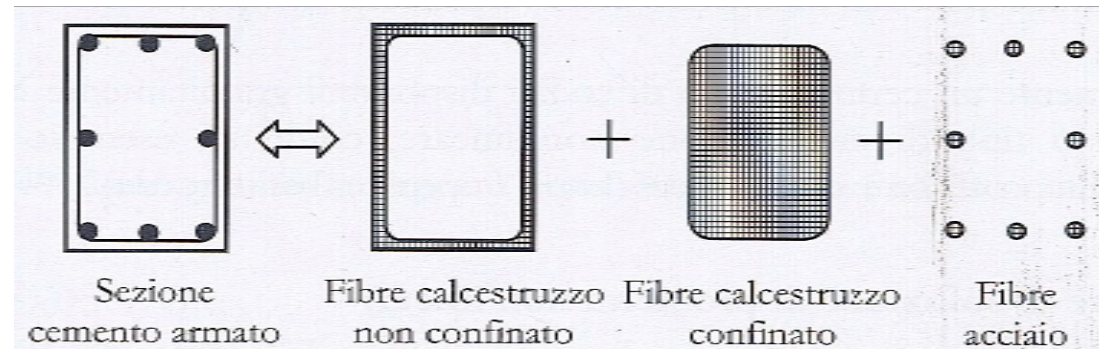
richiede esperienza per stabilire dove distribuire gli elementi non lineari

difficoltà a stimare il diagramma momento-curvatura in presenza di azione assiale e degrado dovuto alle azioni cicliche

difficoltà a predire una lunghezza di cerniera plastica equivalente tale per cui il prodotto di tale lunghezza per la curvatura definisca una rotazione realistica

MODELLI A PLASTICITA' DIFFUSA

- elementi tipo trave con comportamento anelastico: elasticità diffusa in tutto l'elemento, sia longitudinalmente che trasversalmente
- la sezione viene suddivisa in un insieme di "fibre" uniassiali
- anche longitudinalmente l'elemento strutturale viene suddiviso in un numero sufficiente di fibre



- è possibile descrivere in modo accurato la formazione e la diffusione di una eventuale cerniera plastica
- risulta più oneroso dal punto di vista computazionale, ma richiede meno esperienza di modellazione: è richiesta solo la definizione del comportamento ciclico dei singoli materiali (acciaio, calcestruzzo, ...)
- riesce a descrivere solo la componente flessionale della deformazione: per descrivere altri fenomeni (taglio, scorrimento delle barre, deformabilità del nodo, ecc) è necessario introdurre ulteriori elementi (cerniere parziali, bielle, ecc)

Procedure di soluzione:

metodi di analisi non lineari in cui sono impiegate procedure di tipo incrementale iterativo

gran parte dei codici di calcolo permette di svolgere analisi non lineari senza dover compiere alcuna scelta in termini di parametri o di metodi

è comunque molto importante conoscere l'importanza assunta dai diversi parametri sulla approssimazione e il grado di confidenza della soluzione

è importante anche conoscere lo strumento di calcolo ed eventualmente il modo per modificare i parametri impostati

Analisi statica non lineare – analisi push-over

si tratta di un'analisi statica incrementale non-lineare, con forze laterali di modulo crescente distribuite lungo l'altezza

permette di individuare:

- i cambiamenti nella risposta della struttura, man mano che alcuni elementi entrano in fase plastica
- la distribuzione delle zone plasticizzate
- la reale capacità deformativa della struttura: duttilità

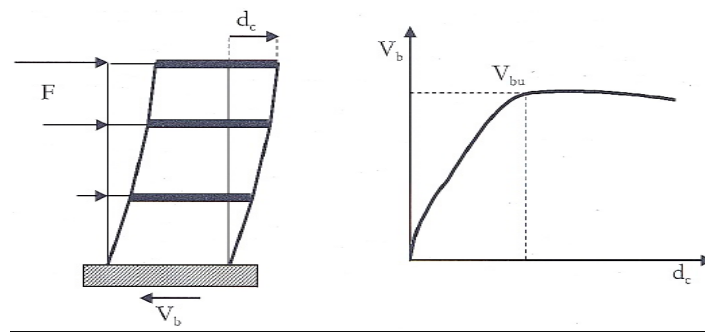
in fase di verifica permette di valutare la coerenza dei fattori di struttura q assunti

particolarmente utile per l'analisi di strutture esistenti, che, essendo realizzate di solito senza alcuna attenzione alle risorse di duttilità, pongono problemi nella individuazione di un corretto fattore di struttura

è applicabile in modo efficace solo a strutture il cui moto è governato dal primo modo di vibrazione

- modello della struttura con comportamento non lineare del materiale
- carichi gravitazionali fissi + particolari distribuzioni di forze statiche orizzontali incrementali
- si valuta lo spostamento orizzontale di un punto di controllo
- risultato dell'analisi:

curva taglio alla base (=somma delle forze orizzontali) - spostamento del punto di controllo



rappresenta la **capacità della struttura** che dovrà essere confrontata con la:

domanda: punti sulla curva individuati in corrispondenza dei massimi valori di spostamento che la struttura subirebbe quando fosse soggetta ai diversi terremoti di progetto

le domande di spostamento possono essere valutate utilizzando opportuni spettri elastici di progetto

struttura regolare → descrivibile con due modelli piani in due direz. ortogonali
a ciascun modello piano si applicano due distribuzioni di forze orizzontali applicate ai baricentri delle masse dei piani:

- distribuzione di forze proporzionali alle masse
- distribuzione di forze proporzionali al prodotto delle masse per la forma modale del sistema considerato elastico

la distribuzione delle forze dovrebbe approssimare la distribuzione delle forze di inerzia durante il sisma; confronti con analisi dinamiche non lineari hanno mostrato che:

- distribuzioni di forze proporzionali al primo modo colgono meglio la risposta dinamica in campo elastico
- distribuzioni proporzionali alle masse rappresentano meglio la risposta dinamica quando si raggiungono grandi deformazioni

occorre utilizzare distribuzioni di forze più complesse

- per strutture irregolari o alte, i modi di vibrare superiori al primo diventano significativi
- in strutture in cui il danno comporta modifiche significative dei modi di vibrare

l'analisi push-over può essere applicata anche a strutture tridimensionali

Metodo di verifica

applicabile ad edifici progettati secondo le norme e regolari in altezza e in pianta

per edifici che non soddisfano queste condizioni (es. edifici esistenti) occorre utilizzare altre metodologie con distribuzioni di forze diverse, o adattative

si basa sull'ipotesi che la risposta di un sistema M-GDL possa essere correlata alla risposta di un sistema 1-GDL equivalente

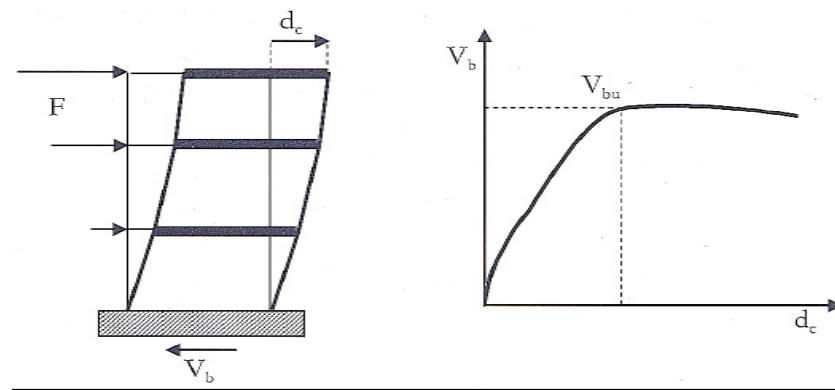
questo passaggio permette di valutare con semplicità la capacità richiesta al sistema dal sisma

infatti per un sistema 1-GDL, calcolato il periodo proprio equivalente al sistema M-GDL, dallo spettro di risposta elastico in spostamento si può ricavare lo spostamento massimo che deve sopportare; da questo si risale allo spostamento massimo per il sistema M-GDL

dalla curva di capacità, in corrispondenza dello spostamento massimo calcolato si ricava la distribuzione di forze corrispondente e da qui sollecitazioni, spostamenti interpiano, ecc, necessari per le verifiche

per passi:

1. analisi push-over per la definizione del legame fra taglio alla base e spostamento del punto di controllo V_b-d_c



2. determinazione delle caratteristiche di un sistema 1-GDL a comportamento bi-lineare equivalente

- si determina il vettore modale del primo modo Φ_1
- si calcola il fattore di partecipazione del primo modo

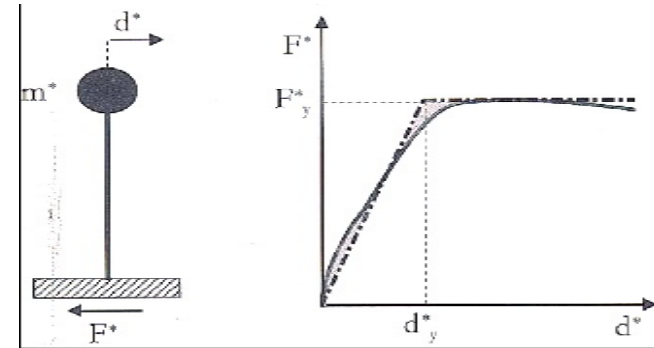
$$\gamma_1 = \frac{\Phi_1^T M R}{M_1^*}$$

$$\left(g_i = \frac{[u_i]^T [m] \{T\}}{[u_i]^T [m] [u_i]} = -\frac{L_i}{M_i} \right) \quad R = \{T\}$$

M_1^* massa generalizzata associata al primo modo

- si costruisce la curva F^*-d^* del sistema 1-GDL, utilizzando la curva di push-over ricavata per il sistema M-GDL e scalata secondo:

$$F^* = \frac{V_b}{\gamma_1} \quad d^* = \frac{d_c}{\gamma_1}$$



- individuato sulla curva il valore di resistenza massima V_{bu} , le coordinate del punto di snervamento del sistema equivalente bi-lineare sono:

$$F_y^* = \frac{V_{bu}}{\gamma_1} \quad d_y^* = \frac{F_y^*}{k^*}$$

con k^* rigidezza secante scelta in modo da eguagliare l'area sottesa dalla curva bi-lineare con quella della curva non lineare

- il periodo proprio del sistema 1-GDL vale:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}} \quad m^* = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{i,1}^2$$

(massa associata al primo modo)

3. determinazione della risposta massima in spostamento del sistema equivalente con utilizzo dello spettro di risposta elastico

- per sistemi con periodo proprio abbastanza grande ($T^* \geq T_c$), il massimo spostamento raggiunto dal sistema anelastico è pari a quello di un sistema elastico con uguale periodo:

$$d_{\max}^* = d_{e,\max} = S_{De}(T^*)$$

- se il sistema ha periodo proprio piccolo, la risposta in spostamento del sistema anelastico è maggiore e risulta:

$$d_{\max}^* = \frac{d_{e,\max}}{q^*} \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \geq d_{e,\max}$$

q^* rapporto tra la forza di risposta elastica $(m^* \cdot S_{Ae}(T^*))$ e la

forza di snervamento del sistema equivalente (F_y^*)

se $q^* < 1$ (risposta elastica):

$$d_{\max}^* = d_{e,\max} = S_{De}(T^*)$$

$$S_{De}(T^*) = S_{Ae}(T^*) \cdot \left(\frac{T^*}{2\pi} \right)^2$$

4. conversione dello spostamento del sistema equivalente nella configurazione deformata della struttura e verifica

- si valuta, per la struttura M-GDL:

$$d_{\max} = \gamma_1 d_{\max}^*$$

- noto lo spostamento del punto di controllo, si conosce dall'analisi la configurazione deformata ed è quindi possibile eseguire la verifica dell'edificio, in particolare controllando la compatibilità degli spostamenti in quegli elementi che presentano comportamento duttile e delle resistenze in quegli elementi che presentano comportamento fragile

A confronto con i tradizionali metodi di analisi, che interpretano il sisma come un sistema di forze rispetto al quale la struttura deve essere in grado di fornire sufficiente resistenza, l'analisi push-over considera in modo esplicito il ruolo fondamentale dello spostamento e della deformazione che sono i reali effetti del sisma su una struttura.

Rimane comunque una metodologia non ancora del tutto convalidata che quindi richiede particolare attenzione nell'applicazione.

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

- **EFFETTI DELLE AZIONI SISMICHE SULLE COSTRUZIONI**
- **VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA**
- **ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA**

INTERVENTI LOCALI, DI MIGLIORAMENTO E DI ADEGUAMENTO

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI



Non è sostenibile

realizzare strutture tecnologicamente avanzate ma non sicure

- Anche un sisma di medio-bassa intensità può danneggiarle e vanificare gli interventi di efficientamento

Sono sostenibili

- Edifici nuovi progetti seguendo i principi della sicurezza e dell'efficienza
- Edifici esistenti sui quali gli interventi di miglioramento della sicurezza e dell'efficienza siano programmati ed eseguiti in maniera organica

TORRE ANNUNZIATA, 07.07.2017



ROMA, LUNGOTEVERE FLAMINIO 22.01.2016



ROMA, VIA VIGNA JACOBINI, 16.12.1998



CALAMITA' NATURALI IN ITALIA

- In passato un terremoto causava essenzialmente vittime

2012: Terremoto Emilia Romagna

- 27 vittime
- danni all'economia

1693 Terremoto Sicilia SE

- 60.000 vittime
- **oggi** l'area è sede di molti stabilimenti petrolchimici → **avrebbe provocato** un disastro ambientale

- Oggi un terremoto può causare anche disastri ambientali e danni all'economia

Terremoti di magnitudo > 5 Mw (anni 1500-2014)



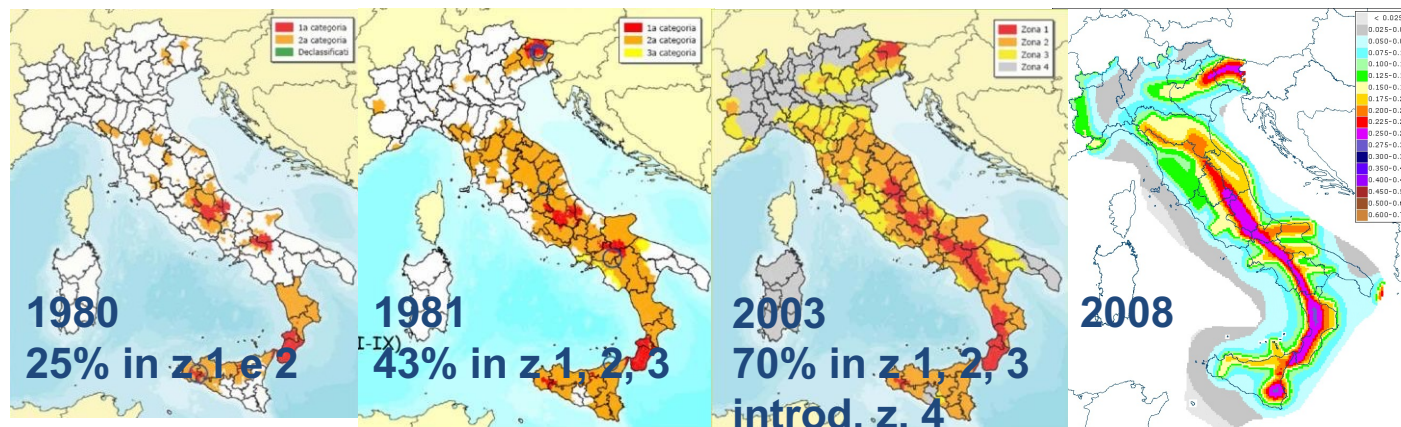
(Fonte INGV: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/)

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

QUALITA' DEL PATRIMONIO COSTRUITO IN ITALIA =

**Evoluzione della
classificazione
sismica**

+



**Evoluzione della
normativa tecnica**

+



**Età delle
costruzioni**

+

**Presenza di
Edifici storici**

- > **50 anni** per gran parte degli edifici, per lo più costruite **dopo eventi eccezionali** (guerre, terremoti) quindi edificate in fretta, senza adeguati controlli, con sistemi e materiali scadenti

Spesso sede di Scuole, Ospedali, Musei, Strutture Strategiche

COSTI DEI TERREMOTI IN ITALIA DAL 1968

Evento	Anno	Periodo attivazione interventi	Importo attualizzato 2014 (milioni di euro)
Valle del Belice(*)	1968	1968-2028	9.179
Friuli V. G. (*)	1976	1976-2006	18.540
Irpinia	1980	1980-2023	52.026
Marche Umbria (*)	1997	1997-2024	13.463
Puglia Molise (*)	2002	2002-2023	1.400
Abruzzo (**)	2009	2009-2029	13.700
Emilia (**)	2012	2012-	13.300
Totale			121.608

(*) Dati a consuntivo sulle risorse effettivamente stanziati dallo Stato

(**) Previsioni di spesa delle autorità locali preposte alla ricostruzione

Fonte: Elaborazione Centro Studi CNI su dati Ufficio Studi Camera dei Deputati, Regione Emilia Romagna, Commissario delegato per la ricostruzione Presidente della Regione Abruzzo

PREVENZIONE

Investimento necessario per la riduzione il rischio sismico su tutto il territorio nazionale



100.000 MLD di Lire

(Stima GNDT dopo il sisma dell'Irpinia del 1980)

Oculata programmazione degli interventi:

Patrimonio pubblico



Priorità di intervento su opere strategiche o di particolare rilevanza

(OPCM 3274/2003

Circ. DPC/SISM/0083283 del 04.11.2010)

Patrimonio privato



Bonus fiscali

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI



LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI



LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- DM Infrastrutture 14.01.2008, **Norme Tecniche per le Costruzioni**
- Circolare Ministero Infrastrutture n. 617 del 02/02/2009, **Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008**
- Direttiva PCM 9 febbraio 2011, **Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale**

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (status)

NTC2008

14 gennaio 2008	Decreto di approvazione Ministero delle Infrastrutture
4 febbraio 2008	Pubblicazione su G.U. n. 29
5 marzo 2008	Entrano in vigore
2 febbraio 2009	Istruzioni applicative (Circolare n.617)
1 luglio 2009	Decadute le precedenti Norme

NTC2018

17 gennaio 2018	Decreto di approvazione Ministero delle Infrastrutture
20 febbraio 2018	Pubblicazione su G.U. n.42
22 Marzo 2018	Entrano in vigore
--/--/--	Istruzioni applicative

Ambito di applicazione e disposizioni transitorie (Art.2)

Per le **opere pubbliche o di pubblica utilità** in corso di esecuzione, per i **contratti pubblici** di lavori già affidati nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle nuove norme, si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche (entro certi limiti) fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi.

Per le **opere private** le cui opere strutturali siano in corso di esecuzione o per le quali sia già stato depositato il progetto esecutivo presso i competenti uffici prima della data di entrata in vigore delle nuove norme si possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi.

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

CONTENUTI

- **SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE**
- **AZIONI SULLE COSTRUZIONI**
 - ...in particolare per quanto riguarda il SISMA:**
 - **Pericolosità sismica di base del sito di costruzione (CLASSIFICAZIONE).**
 - **Metodi di valutazione degli effetti delle azioni sulle costruzioni (ANALISI).**
- **MATERIALI E PRODOTTI AD USO STRUTTURALE**
- **PROGETTO, ESECUZIONE E COLLAUDO DELLE COSTRUZIONI**
- **COSTRUZIONI ESISTENTI**

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

PRINCIPI FONDAMENTALI

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione:

- in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione;
- in forma economicamente sostenibile;
- con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme;

La sicurezza e le prestazioni di un'opera devono essere valutate in relazione agli STATI LIMITE che si possono verificare durante la V_N

STATO LIMITE

=

**condizione superata la quale l'opera non soddisfa
più le esigenze per le quali è stata progettata**

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

COSTRUZIONI ESISTENTI

Costruzione che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la **struttura completamente realizzata**.

Sicurezza costruzioni esistenti, problema complesso a causa di

- elevata vulnerabilità,
- valore storico-architettonico-artistico-ambientale
- notevole varietà di tipologie

Concetti strutturali sviluppati per le nuove costruzioni

- non possono sempre essere applicati agli edifici esistenti

Adeguamento sismico difficile o impossibile per ragioni:

- Tecnologiche
- Economiche

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

CRITERI GENERALI

**Struttura
esistente**



- Caratteristiche meccaniche dei materiali e delle parti strutturali note da indagini, non scelte dal progettista
- Affidabilità dipende da correttezza e accuratezza indagini
- No incertezze insite nel passaggio dal progetto alla realizzazione

**Valutazione basata sulla
conoscenza:**

- Analisi storico-critica
- Rilievo geometrico-strutturale
- Caratterizzazione meccanica materiali



**Livelli di conoscenza (LC1, LC2,
LC3) dei parametri di modellazione:**

- Geometria
- Dettagli costruttivi
- Materiali

Fattori di confidenza (FC= 1.35, 1.2, 1.0 per LC1, LC2, LC3 risp.)

- legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini
- riducono i valori medi di resistenza dei materiali nei valori di progetto



LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

VALUTAZIONE SICUREZZA: OBIETTIVI

Procedimento quantitativo volto a:

- stabilire se la struttura esistente è in grado o meno di resistere alle azioni di progetto contenute nelle NTC, oppure
- determinare l'entità massima delle azioni che la struttura è capace di sostenere (nelle combinazioni di progetto e con i margini di sicurezza delle NTC)

che deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi
- l'uso debba essere modificato
 - Declassamento
 - Cambio di destinazione
 - Imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso
- **sia necessario intervenire** (aumentare o ripristinare la capacità portante)

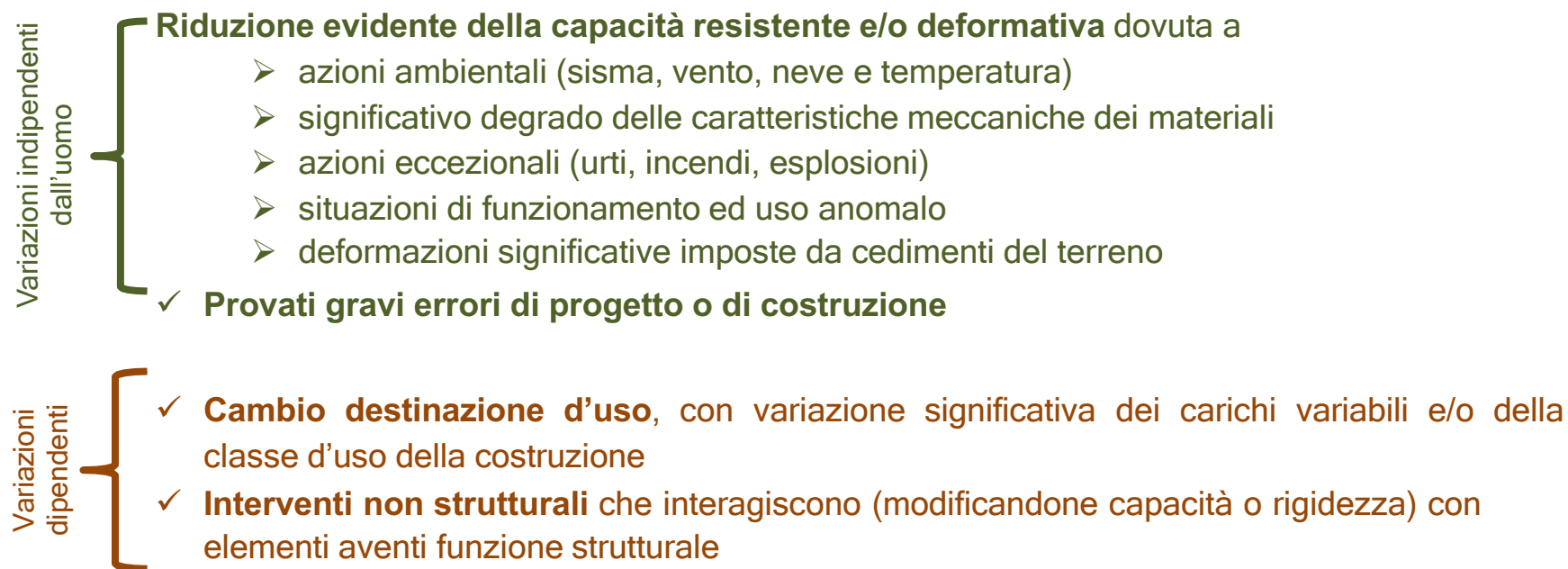
La Relazione del progettista deve specificare

- il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento
- eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

VALUTAZIONE SICUREZZA: OBBLIGATORIETA'

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una delle seguenti situazioni:



- **Non obbligatoria se** situazione determinata da variazione azioni per:
 - ✓ Revisione normativa (entità delle azioni)
 - ✓ Revisione zonazioni delle azioni ambientali (sisma, neve, vento)

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

VALUTAZIONE SICUREZZA: MODALITA' DI VERIFICA

- **Variazioni relative a porzioni limitate della struttura**
che influiscono solo sul comportamento locale di uno o più elementi strutturali o di porzioni limitate della struttura
 - **la verifica potrà concernere solamente le porzioni interessate dalle variazioni apportate** (ad esempio la verifica relativa alla sostituzione, al rafforzamento o alla semplice variazione di carico su un singolo campo di solaio potrà concernere solo quel campo e gli elementi che lo sostengono)
- **Variazioni che implicano sostanziali differenze di comportamento globale della struttura**
 - **la verifica sarà necessariamente finalizzata a determinare l'effettivo comportamento della struttura nella nuova configurazione** (conseguente ad un danneggiamento, ad un intervento, etc.)

LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI

VALUTAZIONE SICUREZZA: STRUTTURE PARTICOLARI

Opere pubbliche strategiche

(con finalità di protezione civile o suscettibili di conseguenze rilevanti in caso di collasso):

- le verifiche vanno esaminate anche da revisori non intervenuti nella valutazione (date le possibili implicazioni economiche e sociali)

Beni tutelati

- interventi di miglioramento in linea di principio in grado di conciliare le esigenze di conservazione con quelle di sicurezza, ferma restando la necessità di valutare quest'ultima
- devono essere evitati interventi che insieme li alterino in modo evidente e richiedano
 - ✓ l'esecuzione di opere invasive, come può avvenire nel caso di ampliamenti o sopraelevazioni
 - ✓ l'attribuzione di destinazioni d'uso particolarmente gravose

ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA

Ci si aspetta che un edificio possa presentare elementi di vulnerabilità se...

- non è stato progettato seguendo norme di progettazione antisismiche,
- ha subito cambiamenti di destinazione d'uso o di classificazione sismica che abbiano indotto un incremento dei carichi agenti,
- ha subito modifiche come sopraelevazioni, ampliamenti o in generale azioni che si ritiene abbiano peggiorato il comportamento strutturale,
- non è stato sottoposto a interventi di miglioramento/adeguamento.

Ci si aspetta che un edificio possa non presentare elementi di vulnerabilità se...

- è stato progettato secondo Norme di progettazione antisismiche moderne.

ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA

Indipendentemente dalla tipologia costruttiva ci sono «condizioni al contorno» che incidono negativamente...

Posizione topografica

L'accelerazione di picco al suolo può subire notevoli amplificazioni nel caso in cui l'edificio si trovi in corrispondenza di un pendio o della cresta di un rilievo.



Contesto urbano

Gli edifici facenti parte di un aggregato edilizio in caso di sisma sono normalmente soggetti a interazioni dinamiche che si traducono in spinte non contrastate ed effetti locali.



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA

Caratteristiche generali delle costruzioni

Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza.

In caso di irregolarità in pianta...

Effetti torsionali, concentrazione di sforzi ed elevata richiesta di duttilità

In caso di irregolarità in altezza...

Parti che si deformano in modo diverso, meccanismi di piano debole

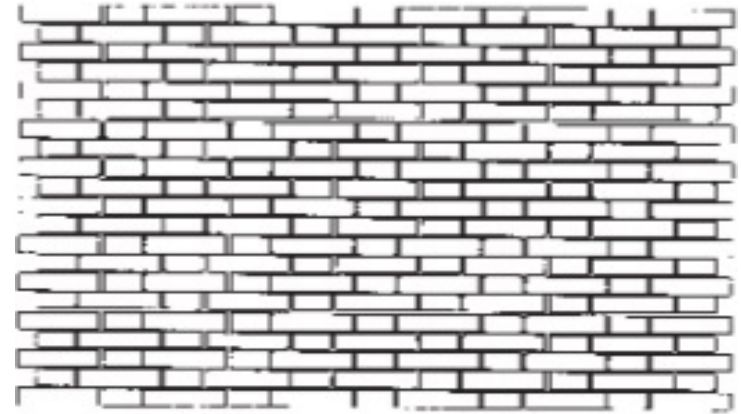


ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN MURATURA

QUALITA' DEL SISTEMA RESISTENTE

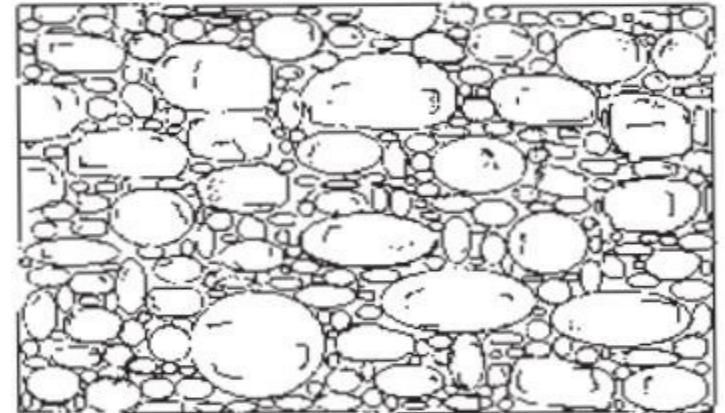
E' considerata di buona qualità

- una muratura in elementi laterizi o
 - in pietrame ben squadrate
- e in buono stato di conservazione e omogenea per tutta l'estensione



Non è considerata di buona qualità

- una muratura in pietra arrotondata o
- a sacco priva di collegamento tra i fogli o
- non in buono stato di conservazione o omogenea per tutta l'estensione



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN MURATURA

ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE

E' considerato ben organizzato

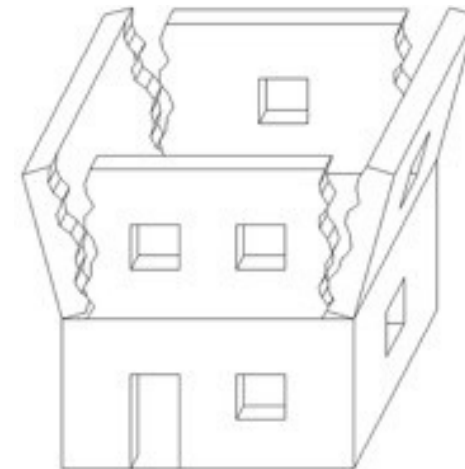
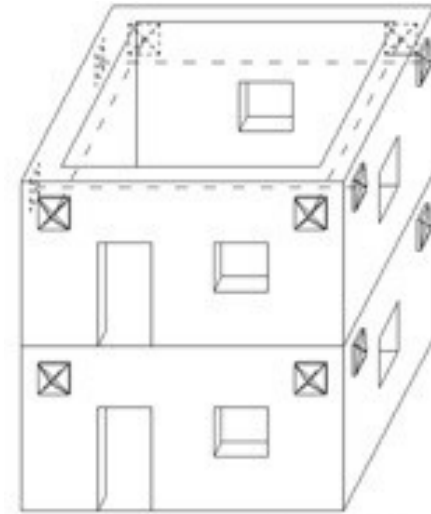
un edificio che presenta

- muri portanti in entrambe le direzioni ben ammorzati
- catene o cerchiature di collegamento

Non è considerato ben organizzato

un edificio che presenta

- muri portanti in un'unica direzione
- senza catene o cerchiature
- evidenti anomalie strutturali (es. muri snelli)

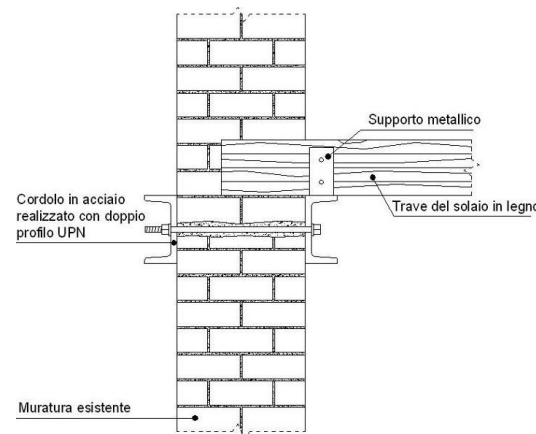
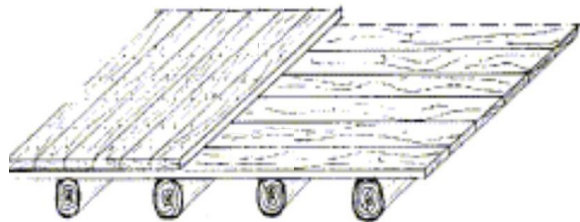


ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN MURATURA

ORIZZONTAMENTI

Sono considerati efficaci

- solai rigidi nel loro piano in cui, al fine di garantire un ridotto peso proprio, sia conservata la struttura lignea (rinforzata con l'inserimento di un doppio tavolato, una soletta in c.a., controventi metallici, FRP...) e ben collegati alle pareti murarie.
- volte con catene



Non sono considerati efficaci

- solai rigidi o deformabili mal collegati
- volte senza catene

ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN MURATURA

COPERTURE

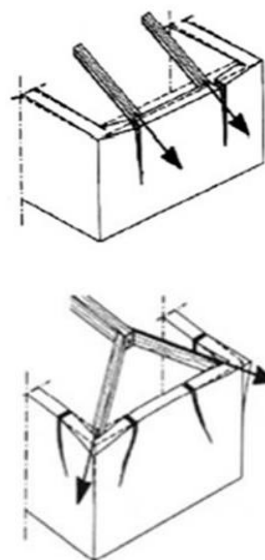
Sono considerate ben funzionanti

- coperture leggere
- non spingenti
- efficacemente collegate alla muratura



Non sono considerate ben funzionanti

- coperture pesanti
- spingenti
- non efficacemente collegate alla muratura



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN MURATURA

ELEMENTI NON STRUTTURALI

Sono spesso responsabili di danni (anche gravi) a persone o cose

- comignoli o altre appendici in copertura mal vincolate alla struttura
- parapetti di cattiva esecuzione o altri elementi di peso significativo
- balconi o altri aggetti aggiunti in epoca successiva alla costruzione della struttura principale e ad essa collegati in modo sommario
- controsoffitti di grande estensione e mal collegati

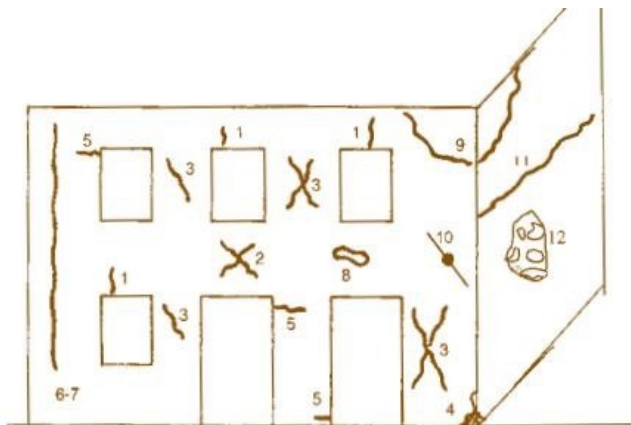


ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN MURATURA

STATO DI FATTO

Devono essere considerati un campanello di allarme

- edifici che presentano pareti fuori piombo e/o lesioni strutturali
- edifici caratterizzati da grave deterioramento dei materiali
- edifici che, pur non presentando lesioni, sono caratterizzati da uno stato di conservazione delle murature tale da determinare una grave diminuzione della resistenza



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

QUALITA' DEL SISTEMA RESISTENTE

Sono considerati indicatori di buona qualità

- assenza di zone a vespaio
- durezza alla scalfitura
- riprese di getto appena visibili e ben eseguite
- barre di armatura ben ricoperte e non in vista

Non è considerato di buona qualità un calcestruzzo

- che appare facilmente sgretolabile
- non omogeneo
- con barre di armatura visibili, ossidate e/o mal disposte.



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE

E' considerato ben organizzato un edificio avente

- telai portanti in entrambe le direzioni
- pilastri orientati in entrambe le direzioni ortogonali



Non è considerato ben organizzato un edificio che presenti

- telai in una sola direzione
- evidenti anomalie strutturali (es. pilastri in falso, sbalzi oltre i 4 m, dimensioni dei pilastri inferiori a 30cm)



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

MECCANISMI RESISTENTI

Sono da favorire

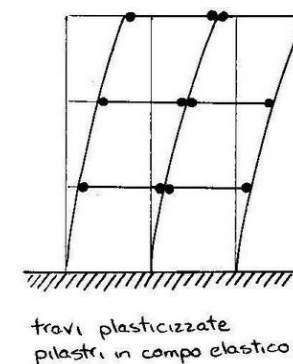
➤ i meccanismi duttili in quanto caratterizzati dalla capacità di un elemento di deformarsi, sviluppando deformazioni plastiche, e quindi dissipando energia, prima di giungere a rottura

Sono da evitare

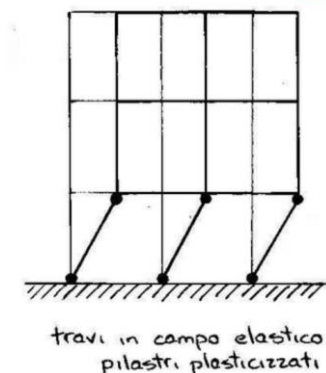
➤ i meccanismi fragili in quanto caratterizzati da rottura improvvisa.

Gerarchia delle resistenze: qualora in una struttura sussista la possibilità di rotture alternative (fragile o duttile) deve sempre avvenire prima quella caratterizzata dal meccanismo duttile.

Meccanismo duttile



Meccanismo fragile

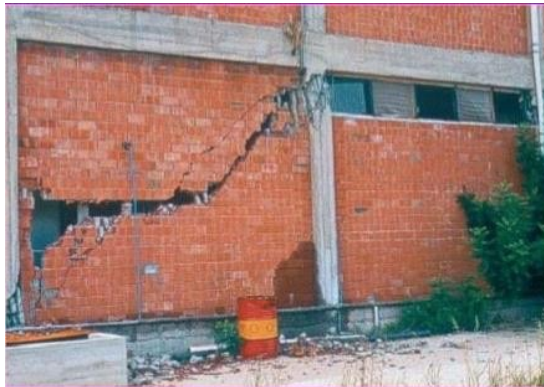


ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO MECCANISMI RESISTENTI

Sono considerati duttili i meccanismi di flessione

Sono considerati fragili i meccanismi di taglio

Attenzione alle finestre a nastro: rendono i pilastri tozzi favorendo il meccanismo fragile di rottura per taglio!



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

NODI TRAVE - PILASTRO

Occorre assicurarsi che

la resistenza del nodo sia tale da non pervenire alla rottura prima delle zone della trave e del pilastro ad esso adiacenti.

Sono da evitare per quanto possibile
eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo.



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

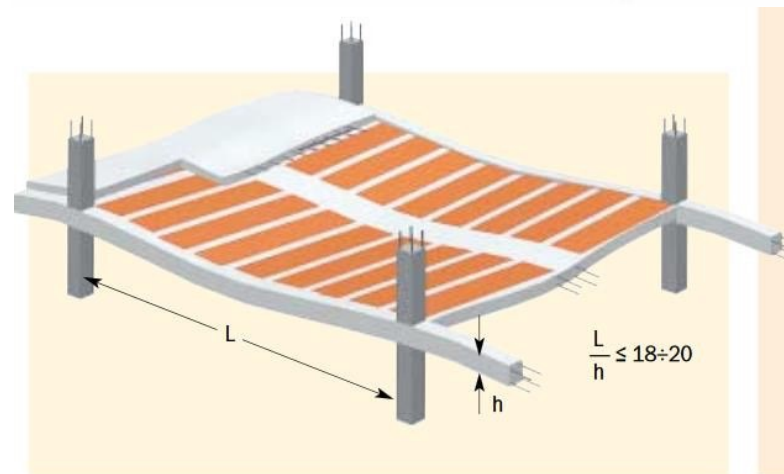
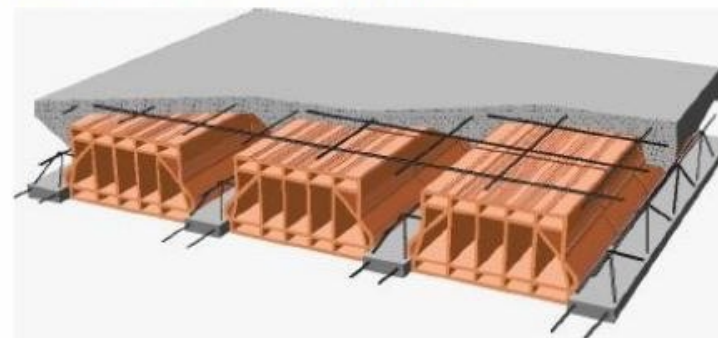
ORIZZONTAMENTI

I solai in latero-cemento

sono in grado di rispettare le principali esigenze richieste a questo tipo di struttura (resistenza, rigidezza,...)

Tuttavia le travi in spessore
essendo eccessivamente deformabili
possono essere responsabili
dell'inflessione del solaio con rischio di
appoggio sulle tramezzature

solaio a travetti tralicciati e blocchi interposti



ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

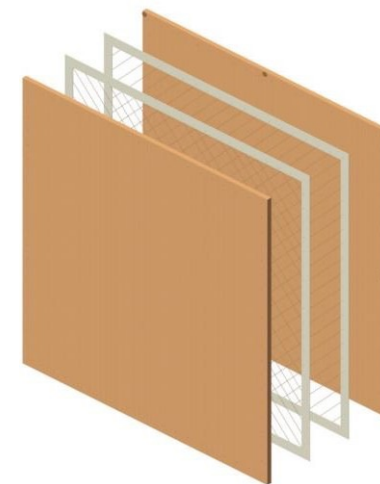
ELEMENTI NON STRUTTURALI

Sono spesso responsabili di danni (anche gravi) a persone o cose

➤ tamponature che, se non adeguatamente rinforzate, in occasione di eventi sismici sono soggette a fenomeni di ribaltamento.

Per evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione per carichi sismici inserire

- reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro e alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale
- elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500mm.



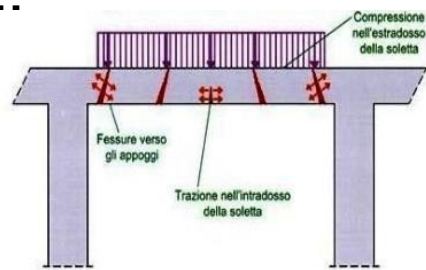
**Una soluzione per tamponature
antisismiche e termoisolate
Brevetto ENEA**

ELEMENTI DI VULNERABILITA' SISMICA – EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

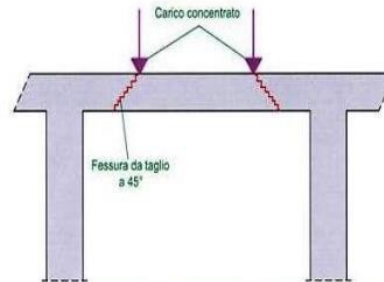
STATO DI FATTO

Devono essere prese in considerazione

- lesioni verticali nella mezzeria della trave o inclinate agli estremi;
- lesioni orizzontali verticali o inclinate nei pilastri;
- lesioni ortogonali all'asse del travetto nei solai;
- lesioni nelle tamponature convergenti in un pilastro;
- ...



Fessure provocate da flessione eccessiva.



LA SICUREZZA DEGLI EDIFICI ESISTENTI

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Riparazioni o interventi locali

- **Intervento:** elementi isolati, singole parti e/o elementi della struttura, porzioni limitate della costruzione (aumento della sicurezza)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** solo su parti interessate, documentando che gli interventi:
 - ✓ non producono modifiche al comportamento delle altre parti e globale
 - ✓ comportano un miglioramento della sicurezza

Miglioramento

- **Intervento:** aumento sicurezza strutturale (anche se $<$ livello nuove costr.)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** estesi alle parti interessate da modifiche di comportamento e alla struttura nel suo insieme
- Beni di interesse culturale: è possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza

Adeguamento

- conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle norme per le nuove costruzioni

N.B.: Adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico

Interventi sugli edifici esistenti

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI (8.4 NTC-2018)

Interventi di riparazione o locali

- **Intervento:** elementi isolati, singole parti e/o elementi della struttura, porzioni limitate della costruzione (aumento della sicurezza)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** solo su parti interessate, documentando che gli interventi:
 - ✓ non producono modifiche al comportamento delle altre parti e globale
 - ✓ comportano un miglioramento della sicurezza

Interventi di miglioramento

- **Intervento:** aumento sicurezza strutturale (anche se < livello nuove costruzione)
- **Progetto e valutazione sicurezza:** estesi alle parti interessate da modifiche di comportamento e alla struttura nel suo insieme

Interventi di adeguamento

- **Intervento:** aumento sicurezza strutturale fino a raggiungere le prestazioni di 8.4.3
- **Progetto e valutazione sicurezza:** estesi a tutta la struttura, oltre che alle parti interessate da modifiche anche se limitate rispetto al complesso strutturale

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI (8.4 NTC-2018)

Adeguamento obbligatorio in caso di (8.4.3):

- a) **Sopraelevazione** (sono esclusi i casi in cui si realizzano cordoli sommitali)
- b) **Ampliamento** mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione
- c) **Variazioni di destinazione d'uso** che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10% (valutati secondo la combinazione caratteristica rara impiegata per gli SLE reversibili (eq. 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali (resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione).
- d) **Trasformazione** mediante un insieme sistematico di opere che porti ad un organismo edilizio diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani
- e) **Modifiche di classe d'uso** che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI (8.4 NTC-2018)

N.B.

- **Per i beni di interesse culturale** ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza (ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del D.L. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio")
- **Per le costruzioni di valenza storico-artistica, anche se non vincolate**, è disponibile anche la "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri, 09.02.2011, "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale"
- **Adeguamento e miglioramento** devono essere sottoposti a collaudo statico

IL PROGETTO D'INTERVENTO (8.7.5 NTC-2018)

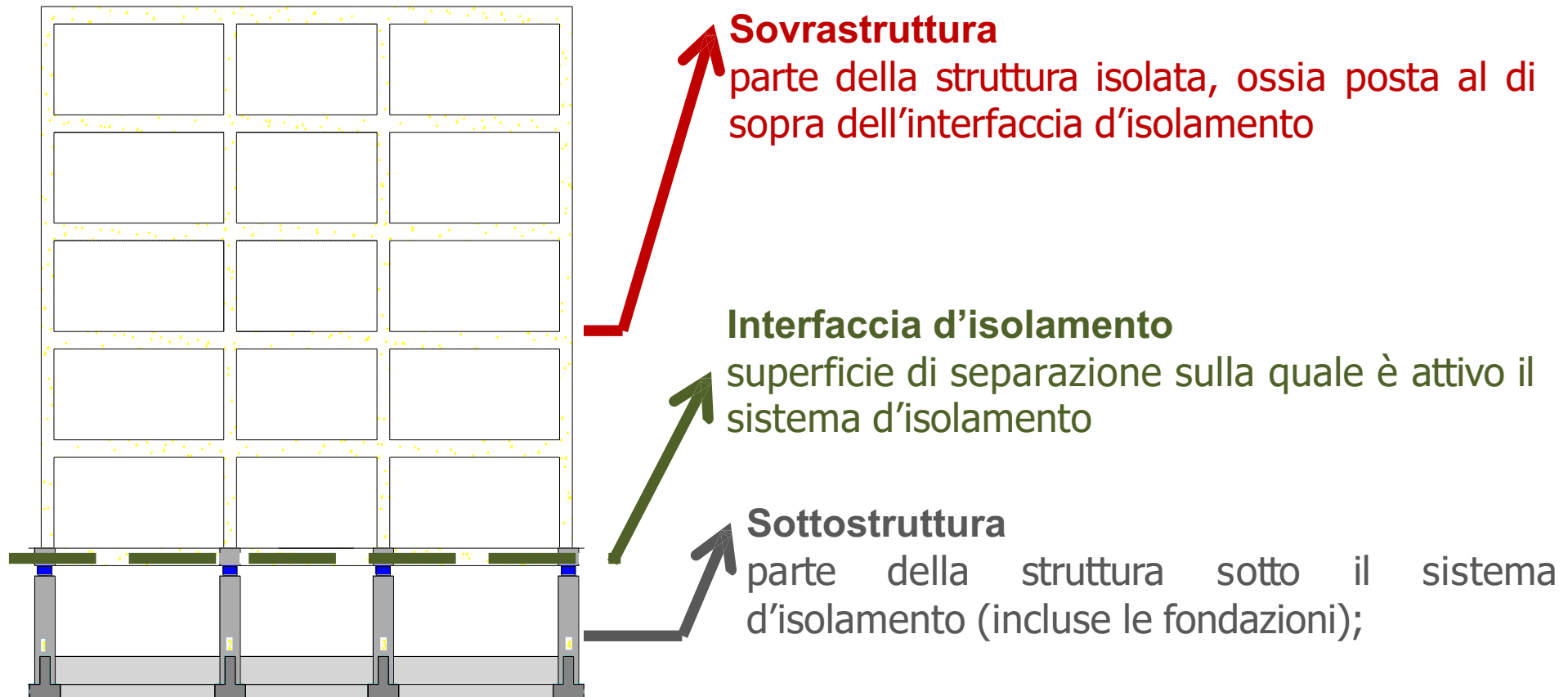
Il progetto dell'intervento di adeguamento o miglioramento sismico deve comprendere (per tutte le tipologie costruttive)

- **Verifica della struttura prima** dell'intervento con identificazione di
 - ✓ carenze
 - ✓ livello di azione sismica relativo allo SLU (e SLE se richiesto)
- **Scelta motivata del tipo di intervento**
- **Scelta delle tecniche e/o dei materiali**
- **Dimensionamento preliminare** dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi
- **Analisi strutturale** con le caratteristiche della struttura post-intervento
- **Verifica della struttura post-intervento** con
 - ✓ determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU (e SLE se richiesto)

STRATEGIE DI INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO E L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE ESISTENTI

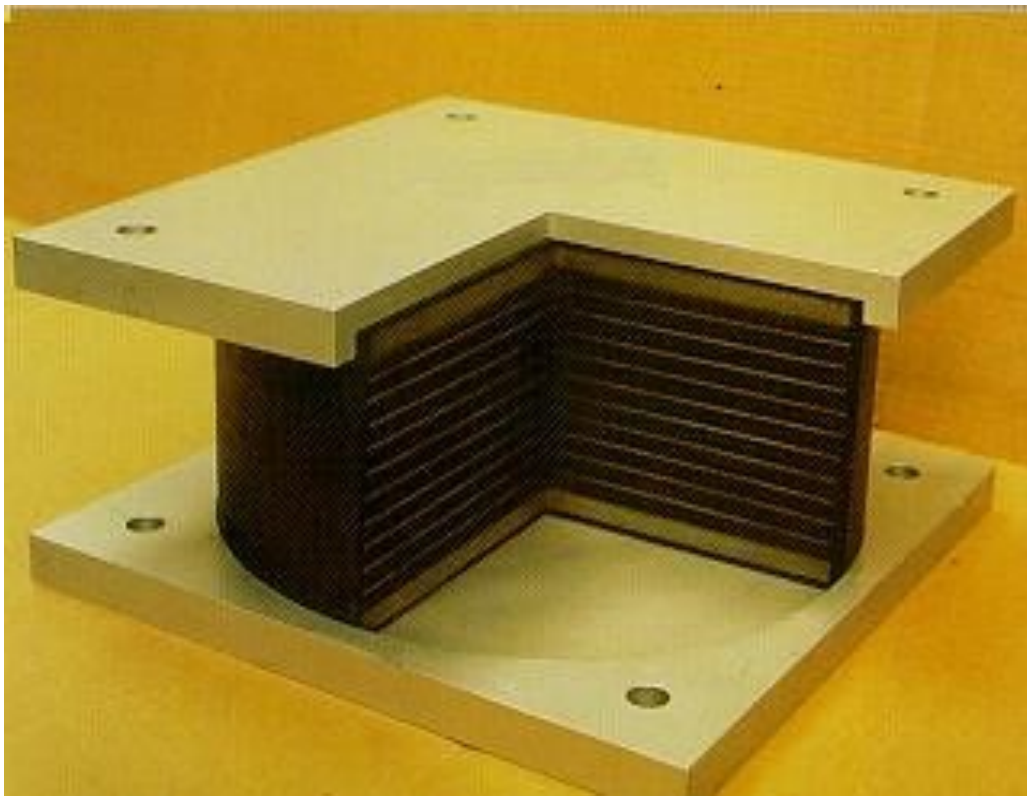
- **DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: Isolamento Sismico**
- **INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI**
- **AUMENTO DELLE CAPACITÀ DISSIPATIVE DELLA STRUTTURA**
- **MIGLIORAMENTO DEL COMPORTAMENTO SISMICO E TERMOACUSTICO DELLE TAMPONATURE**

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**



DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

ISOLATORI MODERNI: HDRB



- Elevata rigidezza in direzione verticale
- Maggiori capacità di ricentraggio della struttura in seguito a un sisma
- Minore rigidezza orizzontale che permette di avere un periodo proprio della struttura isolata maggiore

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

PRIMA APPLICAZIONE (anni '70) DI ISOLATORI MODERNI HDRB

IMPIANTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE : **Impianti nucleari**

- adozione di sistemi di protezione sismica di massima sicurezza e affidabilità
- possibilità di utilizzare lo stesso progetto per siti a diversa sismicità

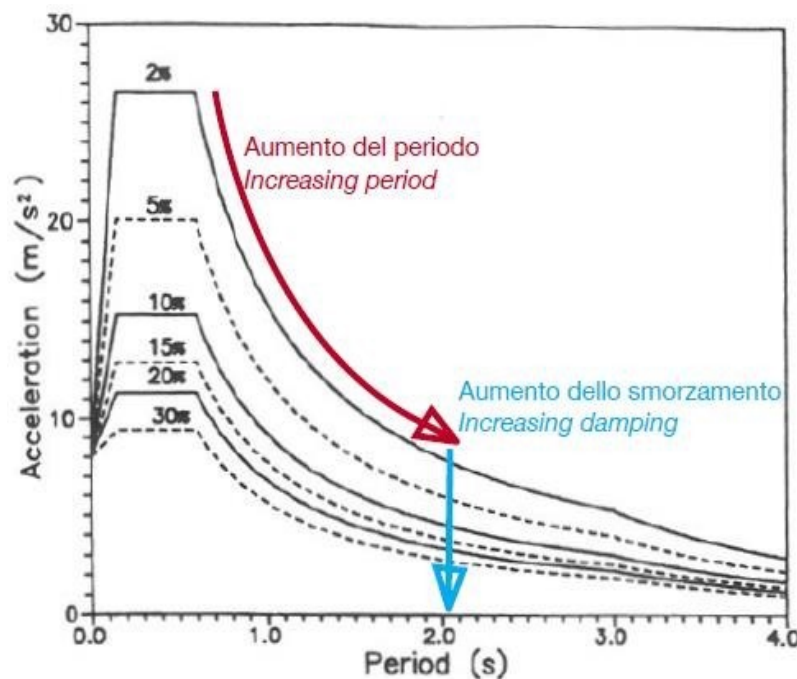


Electricite-de-France, 1978: inizio costruzione a Cruas primo impianto nucleare con isolamento sismico (PWR, potenza tot. = 3600 Mwe, in funzione nel 1984): **$a_g=0.3g$**

- Progetto standard di altri impianti realizzati in precedenza con **$a_g=0.2g$**

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E ISOLAMENTO SISMICO (7.10 NTC-2018)

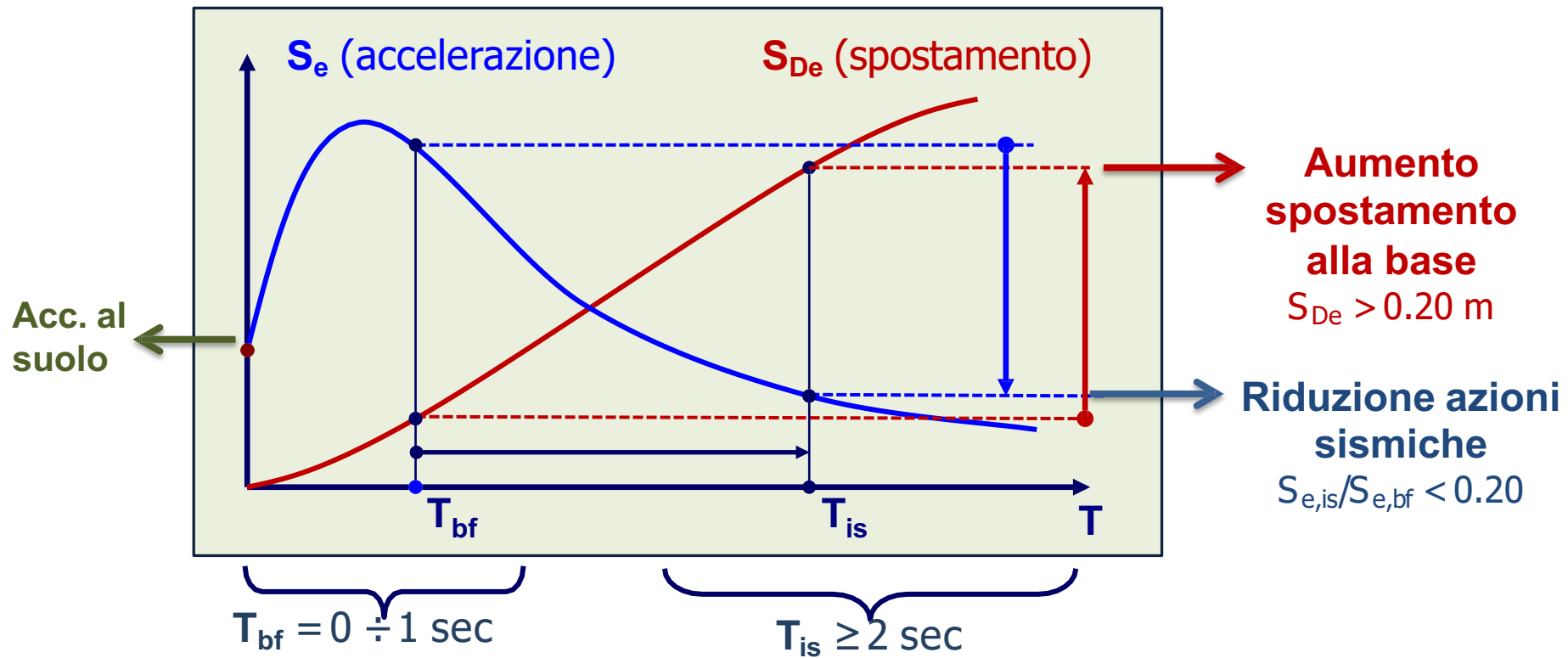
Spettro di risposta elastico = massima accelerazione S_e nella struttura in funzione del suo periodo fondamentale di vibrazione T



- Aumentare notevolmente il periodo proprio, riducendo così l'accelerazione spettrale e quindi le forze sismiche (aumentando la flessibilità tramite l'inserimento di isolatori sismici fra le fondazioni e la sovrastruttura);
- Limitare la massima forza orizzontale trasmessa;
- Eventuale aumento dello smorzamento mediante l'inserimento di elementi dissipatori di energia
- Una appropriata combinazione delle suddette azioni

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

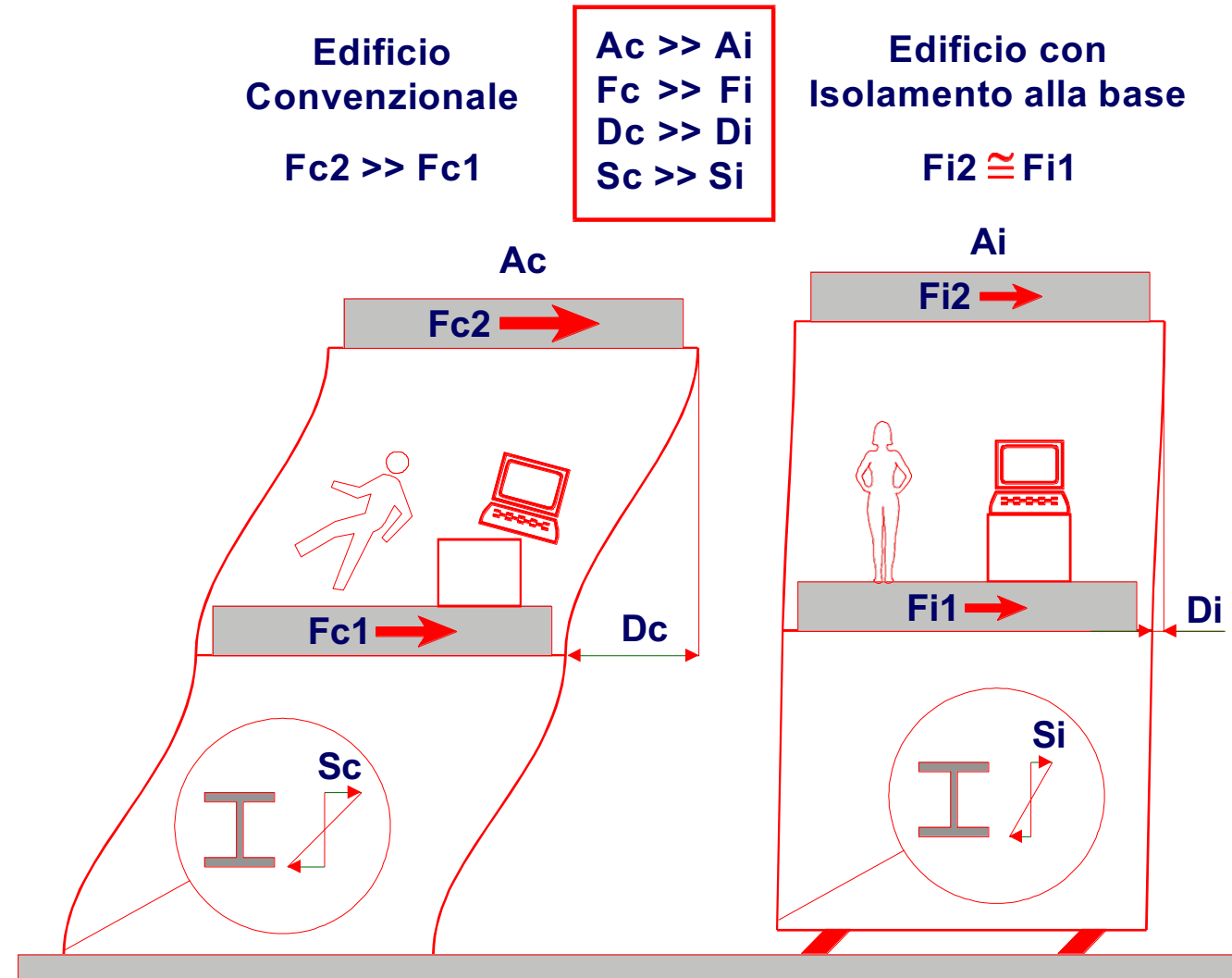
Spettro di risposta elastico = massima accelerazione S_e nella struttura in funzione del suo periodo fondamentale di vibrazione T



Disaccoppiamento tra moto della struttura e del terreno

È possibile progettare in campo elastico ► **Zero Earthquake Damage Buildings**

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**



DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

REQUISITI GENERALI (7.10.2 NTC – 2018)

- I dispositivi di isolamento ed eventualmente di dissipazione espletano una o più delle seguenti funzioni:
 - Sostegno dei carichi verticali (elevata rigidezza in direzione verticale e bassa rigidezza o resistenza in direzione orizzontale, grandi spostamenti);
 - dissipazione di energia con meccanismi isteretici o viscosi;
 - Ricentraggio del sistema;
 - Vincolo laterale con adeguata rigidezza, sotto i carichi non sismici
- La sovrastruttura e la sottostruttura devono rimanere in campo sostanzialmente elastico.

Pertanto la struttura può essere progettata, per quanto riguarda i particolari costruttivi, con riferimento a costruzioni caratterizzate da $a_g S \leq 0,075g$, allo SLV, con deroga al punto 7.4.6 «*Dettagli costruttivi per le strutture a comportamento dissipativo*» e 7.9.6 «*Dettagli costruttivi per elementi di calcestruzzo armato*»

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

I VANTAGGI PRINCIPALI

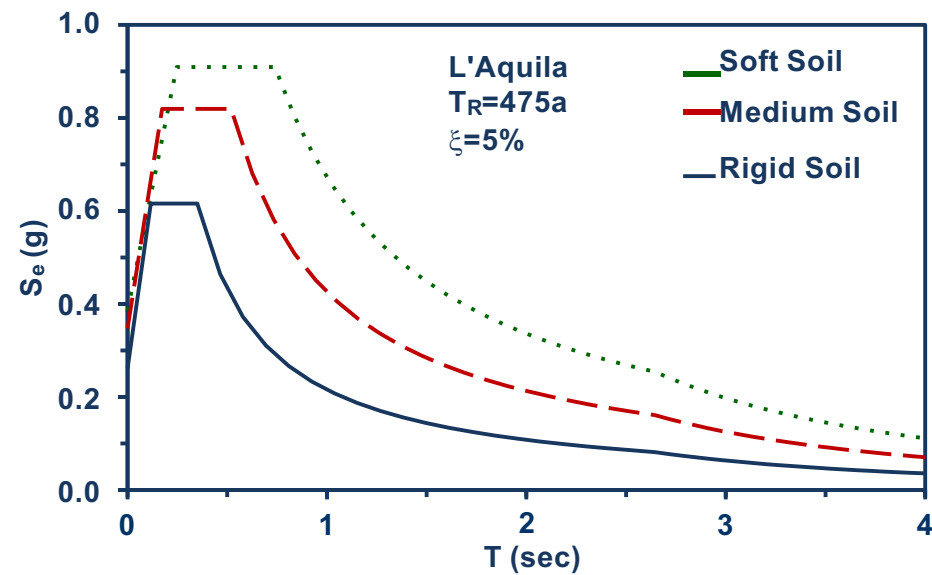
- L'abbattimento delle forze d'inerzia, e quindi delle sollecitazioni, prodotte dal sisma sulla struttura, tale da evitare il danneggiamento degli elementi strutturali (travi, pilastri, etc.) anche sotto terremoti violenti;
- Una drastica riduzione degli spostamenti d'interpiano, tale da ridurre notevolmente o eliminare del tutto il danno agli elementi non strutturali (tamponature, tramezzi, etc.) e garantire la piena funzionalità dell'edificio, anche a seguito di un terremoto violento;
- Un'elevata protezione del contenuto strutturale;
- Una percezione molto minore delle scosse sismiche da parte degli occupanti.
- Tutto ciò sta a significare una notevole riduzione o addirittura un totale azzeramento dei costi di riparazione dell'edificio a seguito di un evento sismico, anche di elevata intensità.

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

CONDITIO SINE QUA NON

La sovrastuttura deve avere rigidezza tale da non amplificare le azioni trasmesse attraverso il sistema di isolamento: $T_{bf} \ll T_{is}$

Terreno non molto soffice: non deve amplificare componenti con $T \approx T_{is}$



DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

CONDITIO SINE QUA NON

Giunti laterali realizzabili: per consentire gli spostamenti dovuti al sistema di isolamento e rispettare la compatibilità con strutture adiacenti



In alternativa si possono utilizzare sistemi di dissipazione dell'energia

DISACCOPPIAMENTO TRA IL MOTO DELLA STRUTTURA E QUELLO DEL TERRENO: **ISOLAMENTO SISMICO**

IMPIANTI

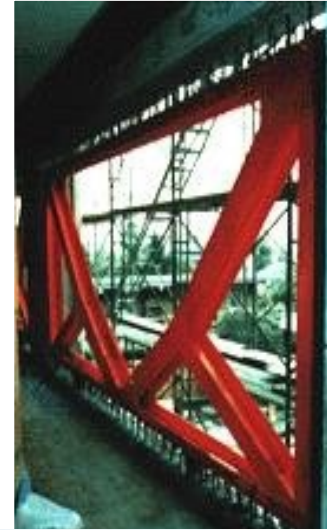
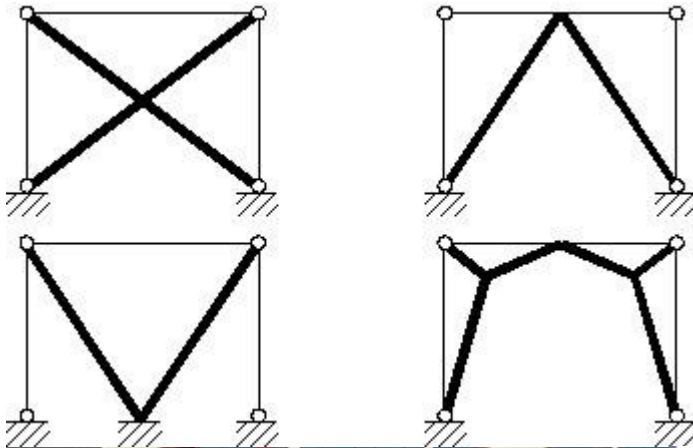
7.10.6.1 - Le eventuali connessioni, strutturali e non, particolarmente quelle degli impianti, fra la struttura isolata e il terreno o le parti di strutture non isolate, devono assorbire gli spostamenti relativi corrispondenti allo SLD senza subire alcun danno o limitazione d'uso

7.10.6.2.1 - Nelle costruzioni di classe d'uso IV, le eventuali connessioni, strutturali e non strutturali, particolarmente quelle degli impianti, fra la struttura isolata e il terreno o le parti di strutture non isolate devono assorbire gli spostamenti relativi previsti dal calcolo senza danni

7.10.6.2.2 - In tutte le costruzioni, le connessioni del gas e di altri impianti pericolosi che attraversano i giunti di separazione devono essere progettate per consentire gli spostamenti relativi della sovrastruttura isolata, con lo stesso livello di sicurezza adottato per il progetto del sistema d'isolamento

INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI : **SISTEMI DI RINFORZO METALLICI**

CONTROVENTI NON DISSIPATIVI

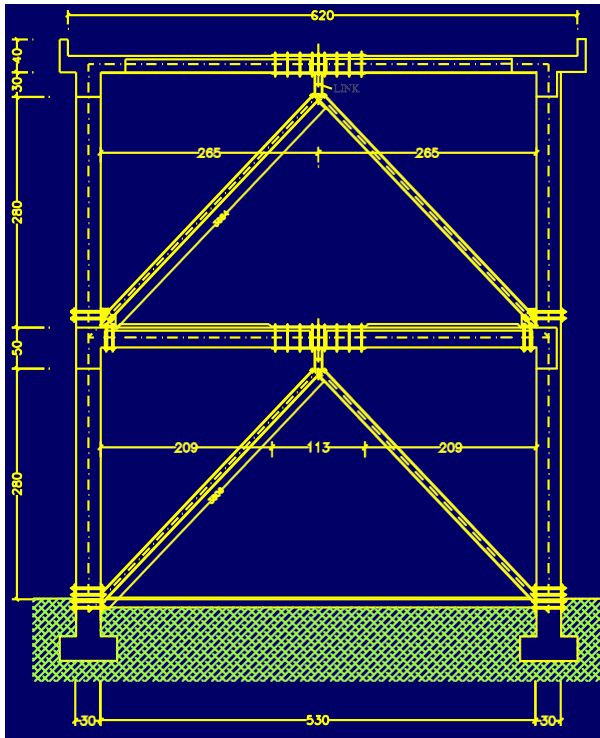


ICOMET Costruzioni Metalliche S.r.l.



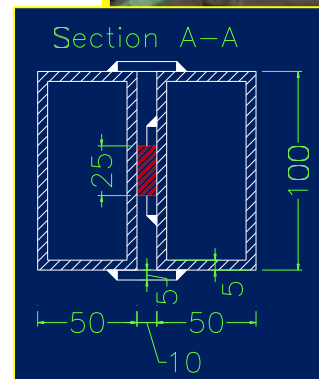
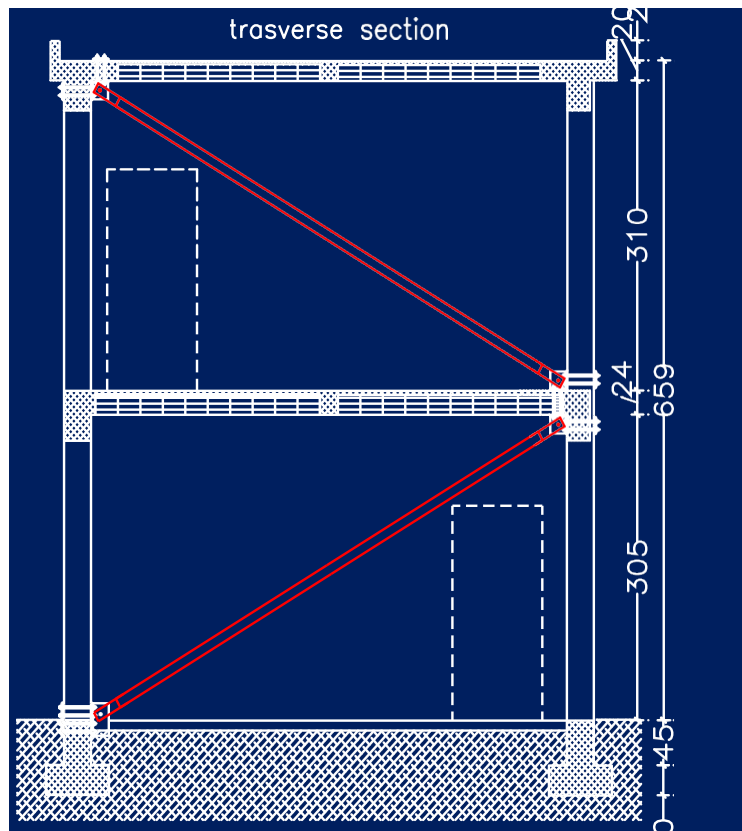
INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI : SISTEMI DI RINFORZO METALLICI

CONTROVENTI DISSIPATIVI



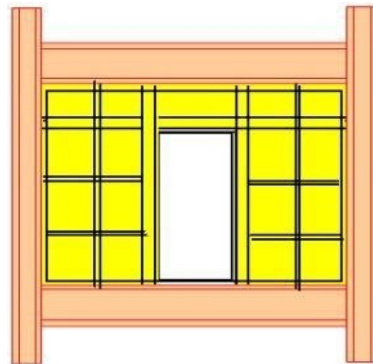
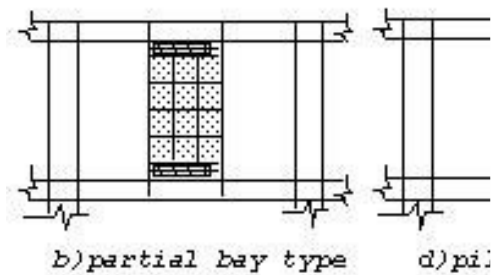
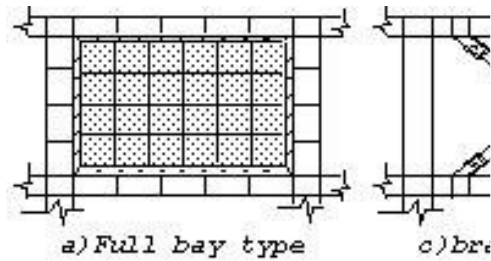
INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI : **SISTEMI DI RINFORZO METALLICI**

CONTROVENTI DISSIPATIVI



INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI : **SISTEMI DI RINFORZO METALLICI**

PARETI A TAGLIO DISSIPATIVE E NON DISSIPATIVE (Acciaio o alluminio)



$s = 0.7 \div 1,5 \text{ mm}$



Courtesy of Skilling Ward Magnusson Barkshire

Gli argomenti da esplorare sono ancora tanti!

INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DELLA RIGIDEZZA STRUTTURALI : **TECNOLOGIE AVANZATE PER IL C.A.**



- – Isolamento alla base
- – Controventi a stabilità impedita (BRB)
- – Rinforzo con fibre di carbonio (C-FRP)
- – Controventi eccentrici (EB)
- – Controventi con leghe a memoria di forma (SMA)
- – Pareti a taglio metallici (alluminio e acciaio)

Continua al Modulo 2

Anche gli squali quando mostrano i denti sembra che sorridano

giuliafresca@gmail.com



Fresca's "Engineering - Architecture - MEP & Energy Technologies - Industry 4.0 & ITT" since 1996

:ITALIACORSI

FORMAZIONE PROFESSIONALE CONTINUA

www.italiacorsi.it