

**ATTI DELLA REGIONE**  
***DELIBERAZIONI DELLA***  
***GIUNTA REGIONALE***

---

**Deliberazione n. 1168 del 26/07/2010.**  
*Linee di indirizzo per la stesura della relazione tecnica per le verifiche di vulnerabilità di edifici esistenti ai sensi del DM 14 gennaio 2008 e della circolare n. 617/2009.*

LA GIUNTA REGIONALE

omissis

DELIBERA

- DI APPROVARE le: “Linee di indirizzo per la stesura della relazione tecnica per le verifiche di vulnerabilità di edifici esistenti ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 e della Circolare n. 617 del 2 febbraio 20093” (Allegato 1), che costituisce parte integrante e sostanziale alla presente deliberazione.
- DI INCARICARE il dirigente della posizione di funzione Rischio sismico e opere pubbliche d'emergenza di trasmettere il presente atto alle province, ai comuni e agli ordini professionali interessati.

**ALLEGATO "1" alla D.G.R. n. \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_**

**Linee di Indirizzo per la stesura della relazione tecnica per le verifiche di vulnerabilità di edifici esistenti ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 e della Circolare n°617 del 2 febbraio 2009.**

L'allegato è così articolato:

- A) Finalità ed ambito di applicazione
- B) Istruzioni
- C) Manuale per la stesura della relazione tecnica per le verifiche di vulnerabilità di edifici esistenti
- D) Documento di sintesi finale (griglia di valutazione)

**A) Finalità ed ambito di applicazione**

1. Le presenti linee di indirizzo costituiscono una guida volta alla corretta esecuzione delle verifiche di vulnerabilità sismica degli edifici esistenti, attraverso una serie di indicazioni, suggerimenti ed espliciti richiami normativi, ai sensi delle disposizioni fornite dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al D.M. 14 Gennaio 2008 e della Circolare n° 617/02 febbraio 2009;

2. Il documento va di fatto configurato come un valido supporto utile sia al tecnico progettista che deve affrontare delle verifiche sismiche secondo standard progettuali fortemente innovativi, sia al funzionario preposto al controllo delle pratiche oggetto delle succitate valutazioni.

3. A supporto di quanto sopra, con la finalità di velocizzare le attività di controllo della completezza dei dati, dei documenti redatti e del rispetto dei criteri di compilazione, è stata aggiunta, una check list di riferimento (Appendice A1).

4. Fermo restando il rispetto dei principi di norma che regolamentano le verifiche sugli edifici esistenti e che mirano specificatamente alla salvaguardia della pubblica incolumità a prescindere dalla classe d'uso strutturale dell'edificio oggetto della valutazione di vulnerabilità, lo spirito dei documenti redatti riconosce pienamente il carattere prestazionale della normativa nel settore delle costruzioni esistenti. In tal senso il manuale e la griglia allegata costituiscono di fatto un importante documento di riferimento, tuttavia viene fatta salva la facoltà del progettista di stabilire quali siano i documenti, tra quelli suggeriti, significativi ed indispensabili al corretto espletamento delle attività previste dalla verifica di vulnerabilità del singolo edificio valutando, se del caso, anche "l'importanza" dell'edificio esaminato.

**B) Istruzioni**

I contenuti del Manuale per la redazione della "Relazione Tecnica per la Valutazione della Vulnerabilità Sismica (ai sensi del D.M. 14 Gennaio 2008)" costituiscono un riferimento guida, specifico e completo, per permettere la restituzione in modo logico e sequenziale di tutte le informazioni utili e necessarie alla comprensione dei risultati delle verifiche sismiche condotte sui fabbricati esistenti in cemento armato, muratura e misti (c.a. / muratura, c.a. / acciaio, muratura / acciaio, ecc.).

*Manuale:*

- il contenuto e la sequenza di introduzione dei capitoli all'interno del Manuale rispecchia il riferimento dato dalla Normativa; a questa base, sono aggiunte delle indicazioni sui dati da



riportare all'interno dei singoli capitoli, da intendere come suggerimenti o interpretazioni della norma stessa (introdotta dal simbolo !);

- la sistematicità di organizzazione della Relazione da produrre potrà rispettare la sequenza dei capitoli del Manuale, con il mantenimento di numerazione e descrizione di ogni sezione di riferimento (ovviamente riferibile ai capitoli pertinenti alla tipologia costruttiva della struttura in esame, pur nel mancato rispetto della consequenzialità della numerazione stessa).

Il documento di sintesi annesso alla Relazione Tecnica è un documento strettamente connesso al resoconto e ne costituisce di fatto un inseparabile allegato; essa rappresenta sia un richiamo riepilogativo dei capitoli presenti all'interno della Relazione Tecnica, sia una scheda di sintesi nella quale riportare alcuni dati particolarmente significativi.

Tale documento dovrà essere firmato in modo congiunto dal progettista e dal geologo, fermo restando il rispetto delle rispettive responsabilità nei confronti dei dati di sintesi riportati nella griglia.

*Documento di sintesi:*

- anche nella Griglia di riferimento, ovviamente, si utilizzano i soli campi riferibili alla tipologia della struttura in esame;
- la Griglia adotta la stessa suddivisione in settori che caratterizza la sequenza dei capitoli del Manuale della Relazione Tecnica;
- ogni settore è composto, anzitutto, da una colonna a sinistra, in cui sono riportate delle caselle di spunta da "attivare" solo se il documento citato è ricompreso nella documentazione consegnata. A fianco del titolo di ogni settore c'è una casella "Annotazioni", che va spuntata solo se sono riportate ulteriori informazioni rispetto a quelle presenti nella Griglia, elencate e descritte nell'ultima pagina del documento, intitolata per l'appunto "ANNOTAZIONI".



**C) Manuale per la stesura della relazione tecnica per la valutazione della vulnerabilità di edifici esistenti**

(ai sensi del D.M. 14 Gennaio 2008)

Edificio,  U.S.:

Via/P.zza \_\_\_\_\_, Comune \_\_\_\_\_

Proprietà:

Verifica,  Miglioramento,  Adeguamento

Variante n° \_\_\_\_\_ al progetto prot. n° \_\_\_\_\_

Spazio riservato all'Ente

Prot. N° \_\_\_\_\_

FOTO DEL FRONTE PRINCIPALE DELL'EDIFICIO

**SPAZIO RISERVATO AI DATI DEI PROGETTISTI:**

- Nome e cognome del progettista incaricato o del gruppo di professionisti associati
- ⇒ Indirizzo e n° tel/fax del progettista incaricato o del capogruppo
- ⇒ Firme e timbri dei progettisti
- ⇒ Ulteriori informazioni per agevolare la rintracciabilità dei progettisti

Luogo e data \_\_\_\_\_

## INDICE

Capitolo 1 – Documentazione esistente .....	9
Capitolo 2 – Conoscenza del manufatto .....	10
Capitolo 3 – Indagini in situ .....	12
3.1 – Sui terreni per la caratterizzazione dei suoli .....	12
3.2 – Sull'edificio per l'acquisizione del livello di conoscenza, del fattore di confidenza FC e delle proprietà dei materiali .....	14
3.3 – Sui solai per l'idoneità statica .....	17
3.4 – Sul mantenimento della funzionalità degli impianti .....	17
3.5 – Valutazione critica delle risultanze delle indagini .....	18
Capitolo 4 – Valutazione della sicurezza .....	18
Capitolo 5 – Vita Norminale, Classi d'Uso e Periodo di Riferimento .....	18
Capitolo 6 – Azioni sulla costruzione .....	19
6.1 – Combinazione delle azioni .....	19
6.2 – Analisi dei carichi .....	19
6.3 – Determinazione dell'azione sismica .....	19
6.4 – Determinazione dell'azione del vento .....	20
6.5 – Determinazione dell'azione della neve .....	20
6.6 – Determinazione dell'azione della temperatura .....	20
6.7 – Determinazione delle azioni eccezionali .....	20
Capitolo 7 – Criteri generali di valutazione della vulnerabilità per azioni sismiche .....	21
7.1 – Analisi di regolarità .....	21
7.2 – Classificazione degli elementi strutturali .....	21
7.3 – Valutazione della vulnerabilità statica finalizzata all'analisi sismica .....	22
7.4 – Valutazione della idoneità statica dei solai .....	22
7.5 – Identificazione degli interventi "urgenti" .....	22
Capitolo 8 – Aspetti ulteriori per la valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato .....	23
8.1 – Presenza di elementi strutturali "secondari" .....	23
8.2 – Presenza di elementi costruttivi senza funzione strutturale sismicamente rilevanti .....	23
8.3 – Modellazione di tamponature in grado di influenzare la risposta sismica di un edificio in cemento armato .....	24
Capitolo 9 – Modellazione della struttura .....	24
Capitolo 10 – Input di calcolo .....	25
Capitolo 11 – Metodi di analisi e criteri di ammissibilità .....	25
11.1 – Analisi statica lineare con spettro elastico .....	26
11.2 – Analisi statica lineare con spettro di progetto .....	26
11.3 – Caratterizzazione modale della struttura .....	27
11.4 – Analisi dinamica lineare con spettro elastico .....	27
11.5 – Analisi dinamica lineare mediante integrazione al passo delle equazioni del moto .....	27
11.6 – Analisi dinamica lineare con spettro di progetto .....	27
11.7 – Analisi statica non lineare (pushover) .....	27
11.8 – Analisi dinamica non lineare .....	28
Capitolo 12 – Output di calcolo .....	28
Capitolo 13 – Verifiche di vulnerabilità .....	29
13.1 – Verifiche di vulnerabilità di edifici isolati in muratura .....	29
13.2 – Verifiche di vulnerabilità di edifici in cemento armato .....	30

A

13.3 – Verifiche di vulnerabilità di edifici in acciaio .....	31
13.4 – Verifiche di vulnerabilità di edifici misti .....	31
13.5 – Verifiche di vulnerabilità di aggregati edilizi .....	32
13.6 – Verifiche di vulnerabilità degli elementi non strutturali e degli impianti .....	32
13.7 – Elaborati grafici di sintesi delle verifiche condotte .....	32
Capitolo 14 – Determinazione dell'Indicatore di Rischio ( $I_R$ ) .....	32
14.1 – Indicatore di Rischio per le strutture in cemento armato .....	33
14.2 – Indicatore di Rischio per le strutture in acciaio .....	34
14.3 – Indicatore di Rischio per le strutture in muratura e per gli aggregati edilizi .....	34
14.4 – Indicatore di Rischio per le strutture miste .....	36
Capitolo 15 – Valutazione critica dell'Indicatore di Rischio ( $I_R$ ) .....	36
Capitolo 16 – Valutazione della progressione del danno .....	37
Capitolo 17 – Riferimenti per la stesura della Relazione Tecnica .....	37

## Capitolo 1 – Documentazione esistente

⇒ Elenco dettagliato della documentazione esistente reperita presso gli archivi storici (ex Genio Civile, Comuni, Prefettura, Cassa del Mezzogiorno, ecc...), con riferimento alle numerazioni assegnate agli elaborati cartacei.

- **!** Si ricorda che la ricerca del progetto strutturale originario relativo al fabbricato in esame è un atto dovuto, pertanto è necessario relazionare sulle ricerche effettuate e sull'esito di queste. Nel caso non si sia riusciti a reperire da altra fonte una significativa quantità e qualità di documenti strutturali, è necessario allegare la copia della richiesta di accesso agli atti presentata presso gli uffici tecnici di riferimento.
- **!** Nel caso lo si ritenga necessario (tavole particolarmente grandi e di difficile riproduzione, ecc...), è possibile consegnare una copia della documentazione anche su supporto informatico (ad esempio attraverso immagini fotografiche o scansione su file .pdf non modificabili), purché tutta la documentazione allegata sia ben leggibile.
- Di questa documentazione possono far parte eventuali relazioni geologico-geotecniche effettuate in tempi passati in situ o in siti limitrofi; tali relazioni vanno allegate e saranno considerate utili per la valutazione della vulnerabilità solo se riguardano volumi significativi di terreno ai sensi delle indicazioni riportate al §3.2.2 del DM08, ovvero rappresentano in modo affidabile la tipologia di terreno presente al di sotto del fabbricato esaminato.

⇒ Relazione circa l'evoluzione strutturale e la storia sismica dell'edificio.

- In questa sezione il progettista dovrà descrivere la storia dell'evoluzione strutturale subita nel tempo dall'edificio (varianti, interventi di ristrutturazione edilizia significativi ai fini del comportamento sismico, interventi di miglioramento, adeguamento, ecc...), mettendo in evidenza se l'edificio è soggetto a particolari vincoli urbanistici.
- Devono essere elencate, qualora disponibili, anche le seguenti informazioni:
  1. Anno progettazione
  2. Anno inizio lavori
  3. Anno fine lavori
  4. Anno ristrutturazione
  5. Anno miglioramento
  6. Anno adeguamento
  7. Anno ampliamento
  8. Vincolo Soprintendenza
  9. Sismi storici (un utile riferimento su <http://emidius.mi.inq.v.it/DBMI04/>)
  10. Altro

⇒ Relazione circa l'utilizzo della documentazione esistente.

- In questa sezione il progettista dovrà descrivere in modo sintetico ma esaustivo, l'utilità della documentazione esistente: tra le altre cose, è importante sottolineare tutti quegli aspetti che possano influenzare in qualche modo la scelta del fattore di confidenza (FC), come ad esempio se gli elaborati tecnici originari abbiano trovato riscontro o meno dalle indagini in situ, ecc.....

## Capitolo 2 – Conoscenza del manufatto

⇒ Descrizione generale dell'opera.

- In questa sezione il progettista dovrà descrivere in modo esaustivo l'edificio da esaminare: la descrizione deve contenere tutte le informazioni di carattere generale utili all'identificazione della tipologia dell'opera.
  - In particolare dovranno essere riportate le seguenti informazioni:  
 Specifica della tipologia di edificio da esaminare (cemento armato, acciaio, muratura, mista, ecc.....), con richiesta di chiarimento della sotto-tipologia per le strutture miste. Situazioni ricorrenti sono:
    - edifici i cui muri perimetrali siano in muratura portante e la struttura verticale interna sia rappresentata da pilastri (per esempio, in c.a. o acciaio);
    - edifici in muratura che abbiano subito sopraelevazioni, il cui sistema strutturale sia, per esempio, in c.a. o acciaio, o edifici in c.a. o acciaio sopraelevati in muratura;
    - edifici che abbiano subito ampliamenti in pianta, il cui il sistema strutturale (per esempio, in c.a. o acciaio) sia interconnesso con quello esistente in muratura;
    - con particolare riferimento alle strutture miste con pareti in muratura-c.a., specificare se si tratta di muratura confinata da elementi in c.a. o intelaiatura in c.a. tamponata con muratura portante.
1. Descrizione del contesto ambientale dove è collocata l'opera, con riferimento agli eventuali vincoli idrogeologici, ed anche alle informazioni morfologiche desumibili dalla relazione geologica (da allegare a parte).
  2. Individuazione dei corpi di fabbrica esistenti, sottolineando in particolare se sono presenti giunti: in tal caso è necessario specificare se questi sono tecnici o sismici, riportando la dimensione del giunto stesso. In ogni caso è necessario produrre un elaborato grafico nel quale vengano evidenziati i corpi di fabbrica presenti, specificando, se del caso, quali sono soggetti a verifica e quali no. Inoltre, nel caso di presenza di più corpi, sarà necessario specificare chiaramente la scelta progettuale di verifica (edifici studiati separatamente oppure no). Nel primo caso si dovrà verificare in sede di analisi che il giunto sia di dimensioni tali da evitare il "martellamento" strutturale, nel secondo si dovranno indicare le metodologie di intervento per l'unione dei corpi (la cui descrizione puntuale verrà riportata negli elaborati relativi all'identificazione degli "interventi urgenti" – p.to 7.5 del presente documento).
  3. Nel caso si esamini una unità strutturale (U.S.) facente parte di un aggregato edilizio, dovranno essere fornite tutte le indicazioni preliminari relative ai criteri di verifica utilizzati per tener conto dell'interazione con i corpi di fabbrica collegati.
  4. Descrizione generale del sistema costruttivo che caratterizza l'opera, con riferimento specifico alla tipologia e alla dislocazione dei materiali presenti, alla tipologia di murature, tamponature e tramezzature, alla tipologia dei solai ed a tutte quelle informazioni di carattere strutturale che risultano utili all'identificazione dell'edificio.
  5. Nel caso di edifici in aggregato è necessario produrre una relazione sull'evoluzione storica dello stesso.
  6. Descrizione dell'organizzazione funzionale interna al fabbricato (destinazioni d'uso).
  7. Per ogni piano vanno riportati l'estensione in m<sup>2</sup>.
  8. Specifica delle altezze di interpiano.
  9. Cubatura del fabbricato.

⇒ Relazione sulle fondazioni.

- o *In questa sezione il progettista dovrà descrivere in modo esaustivo il sistema di fondazione che caratterizza l'opera da esaminare.*
  - o *In particolare dovranno essere riportate le seguenti informazioni:*
    1. *Descrizione della tipologia di fondazioni presenti (profonde, su plinti, travi rovesce, con calcestruzzo armato o no, ecc...).*
    2. *Note preliminari sulle indagini effettuate in situ per l'identificazione del sistema fondale (documento da allegare assieme ai documenti di report delle indagini effettuate in situ).*
    3. *Descrizione di eventuali problematiche strutturali relative al funzionamento del sistema strutturale di fondazione (cedimenti o dissesti in atto, ecc...).*
  - o *Il progettista dovrà sempre dichiarare, comunque, la logica di attribuzione dello schema fondale ai fini delle verifiche, per cui, nel caso in cui non sia stato possibile acquisire informazioni complete sull'apparato fondale stesso, dovranno essere specificate le motivazioni di tale assunzione (presa d'atto delle informazioni desunte dagli elaborati originari, presa d'atto di altri tipi di informazioni ricavate diversamente, ecc...).*
- ⇒ **Documentazione fotografica a colori con indicazione dei punti di vista.**
- o *L'edificio dovrà essere fotografato in modo da permettere la visualizzazione di tutti i fronti dello stesso, nonché degli interni nelle sue parti maggiormente significative.*
  - o *Vanno fotografati tutti i particolari costruttivi salienti; in questo caso la foto deve essere accompagnata da una descrizione sintetica dell'oggetto riportata in didascalia, sottolineandone la rilevanza strutturale.*
- ⇒ **Rilievo grafico e fotografico del quadro fessurativo e documentazione solo fotografica dello stato generale di conservazione dell'opera, con indicazione dei punti di vista.**
- o *L'elaborato deve permettere un'agevole lettura del quadro fessurativo, specificando tipologia e localizzazione delle lesioni (associabili a problemi statici e non dovute a semplici fenomeni di degrado, riportati a parte nella relazione), per cui è richiesta una documentazione grafica e fotografica idonea allo scopo (prospetti con visualizzazione delle lesioni, piante con evidenziate le tipologie di lesioni, ecc...).*
  - o *Nel caso si stia esaminando una unità strutturale (U.S.) appartenente ad un aggregato, qualora risulti particolarmente significativo per l'analisi di vulnerabilità della stessa, andranno riportati i quadri fessurativi riscontrati nei corpi di fabbrica adiacenti.*
- ⇒ **Relazione sullo stato generale di conservazione dell'opera e sul quadro fessurativo riscontrato.**
- o *Nella relazione va descritta sinteticamente la natura del quadro fessurativo riscontrato in situ, mettendo in evidenza le cause, presunte o dimostrate, del fenomeno e se esso ha rilevanza ai fini della valutazione della vulnerabilità.*
  - o *Se del caso, vanno riportate le prime indicazioni sulle possibili opere di intervento urgente per eliminare le ragioni del quadro fessurativo in atto, oppure andranno riportate le ragioni della necessità di operare un monitoraggio dell'evoluzione del quadro stesso (vedi relazione sull'identificazione degli "interventi urgenti").*
  - o *Per quello che riguarda lo stato di conservazione dell'opera, esso dovrà essere descritto in modo sintetico ma esaustivo e dovranno essere indicati gli interventi di manutenzione più o meno urgenti, anche ai fini della possibile influenza che lo stato di degrado ha nei confronti della vulnerabilità sismica generale del fabbricato.*
- ⇒ **Elaborati grafici di rilievo fondamentali (sia su carta che su supporto informatico).**
- o *Gli elaborati grafici architettonici necessari sono i seguenti:*
    1. *Piante dei vari livelli del fabbricato con riportate le destinazioni d'uso degli ambienti.*
    2. *Pianta della copertura.*
    3. *Sezioni architettoniche con indicato il verso delle viste riferibile alle piante. In particolare si sottolinea che le sezioni prodotte devono essere in numero tale da descrivere in modo esaustivo la struttura; pertanto esse saranno riprodotte in un numero che dipende direttamente dalla forma in pianta della struttura stessa (un semplice criterio è quello che prevede la presenza di due sezioni incrociate per ogni pseudo rettangolo in cui è possibile suddividere la pianta della struttura: in questo caso una pianta quadrata o rettangolare sarà caratterizzata da due sezioni incrociate, una pianta ad L da quattro sezioni incrociate e così via), oltre a prevedere le obbligatorie passanti per i sistemi di collegamento verticale.*
  - o *Gli elaborati grafici strutturali necessari sono i seguenti:*
    4. *Pianta della fondazione.*





5. *Carpenterie dei vari livelli del fabbricato con riportate tutte le indicazioni materiche e dimensionali degli elementi strutturali di interesse, in funzione della tipologia costruttiva (interassi, altezze, sezioni degli elementi strutturali, orditura e stratigrafia dei solai, ecc.). In particolare, per gli edifici in muratura è obbligatorio riportare la posizione e dimensione delle singole aperture (o di eventuali vuoti murari), la dimensione, tipologia e collocazione nella sezione trasversale degli architravi, la natura e consistenza dei sopra e sotto finestre, gli eventuali cordoli perimetrali, gli eventuali incatenamenti, ecc... specificandone in tutti i casi l'efficienza strutturale. È necessario, sempre per la muratura, indicare graficamente l'eventuale utilizzo di più sotto-tipologie murarie, anche riferibili alla evoluzione storica del fabbricato.*
6. *Pianta della copertura.*
7. *Sezioni con indicato il verso delle viste relative alle carpenterie. In particolare si sottolinea che le sezioni prodotte devono essere in numero tale da descrivere in modo esaustivo la struttura; pertanto esse saranno riprodotte in un numero che dipende direttamente dalla forma in pianta della struttura stessa (un semplice criterio è quello che prevede la presenza di due sezioni incrociate per ogni pseudo rettangolo in cui è possibile suddividere la pianta della struttura; in questo caso una pianta quadrata o rettangolare sarà caratterizzata da due sezioni incrociate, una pianta ad L da quattro sezioni incrociate e così via), oltre a prevedere le obbligatorie passanti per i sistemi di collegamento verticale.*
8. *Particolari costruttivi ritenuti significativi per il completamento del rilievo, oltre che per la definizione e comprensione del modello di calcolo adottato per la verifica.*
9. *Nel caso di edifici in muratura caratterizzati da una certa complessità nell'organizzazione dell'apparato resistente (ad esempio edifici storici, in aggregato, ecc...), è necessario produrre degli elaborati grafici anche tridimensionali, che facciano comprendere in modo esaustivo l'articolazione strutturale degli elementi sismo-resistenti.*
10. *Nel caso di edifici in aggregato è opportuno produrre degli elaborati grafici che, nell'ambito dell'organizzazione strutturale generale, mettano in chiara evidenza l'unità strutturale (U.S.) da esaminare.*
11. *! Sempre nel caso di edifici in aggregato, è necessario identificare l'organizzazione strutturale dei corpi di fabbrica adiacenti alla U.S. in esame, al fine di individuarne il contributo nel comportamento in continuità. Si raccomanda questo approfondimento in quanto, pur nella possibilità di utilizzo di metodi convenzionali di verifica che tengano in conto della sola U.S. oggetto di studio, il contributo effettivamente offerto a questa dalle strutture in affiancamento può prevedere sia un miglioramento che un peggioramento del suo comportamento, in confronto alla condizione limite isolata.*

## Capitolo 3 – Indagini in situ

### 3.1 – SUI TERRENI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI

⇒ *Relazione geologico / geotecnica (ai sensi del §6.2.1 e §6.2.2 del DM08 e delle indicazioni riportate nelle Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche al §C6.)*

- *La relazione dovrà essere riprodotta ex novo a meno che non si sia in possesso di un analogo documento redatto in epoche recenti, che contenga tutte le informazioni richieste nei punti successivi ed a patto che riguardi un volume significativo di terreno ai sensi delle indicazioni riportate al §3.2.2 del DM08, ovvero che rappresenti in modo affidabile la tipologia di terreno presente al di sotto del fabbricato esaminato*
- *La relazione dovrà contenere le seguenti informazioni (un utile riferimento compilativo rimane il DM 11 marzo 1988):*
  1. *Descrizione del programma di indagine.*
  2. *Caratterizzazione geologico-geotecnica del sottosuolo in relazione alle finalità da raggiungere per la valutazione della vulnerabilità sismica (si ricorda a tal fine che le Istruzioni per l'applicazione delle NTC al §C3.2.2 prevedono che gli effetti della risposta sismica locale possano essere definiti con i metodi semplificati previsti dal DM08 solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta attraverso accelerogrammi).*



3. Planimetria con le ubicazioni delle indagini, documentazione sulle indagini in sito ed in laboratorio.
4. Profilo litologico e stratigrafico del sottosuolo con la localizzazione delle falde idriche.
5. Sezione geologico-stratigrafica con impronta prospettica del fabbricato esaminato in cui sia evidenziata chiaramente la quota di intestazione delle fondazioni. Il numero delle sezioni geologiche da produrre deve essere tale da descrivere in maniera completa la situazione geologico-strutturale, per cui bisognerà tener conto di molteplici aspetti quali ad esempio i diversi andamenti lito-stratigrafici nelle direzioni incrociate rispetto alla pianta dell'edificio, della presenza di pendii, rilievi, ecc...
6. Descrizione dei dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva; se del caso in questa sezione dovranno essere inserite tutte le informazioni relative al monitoraggio del complesso opera-terreno che siano state eseguite in passato, che siano in essere o che siano programmate per valutare l'evoluzione di un dissesto in atto.
7. Lineamenti geomorfologici della zona.
8. Successione litostratigrafica locale con informazioni sulla distribuzione spaziale, stato di alterazione, fessurazione e degradabilità dei litotipi presenti.
9. Caratterizzazione geostrutturale generale, geometria e caratteristiche delle superfici di discontinuità in genere e degli ammassi rocciosi in particolare.
10. Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.
11. Elaborati grafici, carte e sezioni geologiche, ecc. di interesse.

#### ⇒ Analisi della stabilità del pendio naturale.

(Qualora ricorrano le condizioni per le quali si renda necessario studiare la stabilità del pendio, bisogna produrre un documento contenente tutti i calcoli previsti allo scopo, con particolare riferimento alle indicazioni presenti al §6.3 del DM08 ed a quelle del §C6.3 delle Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche)

- La relazione dovrà contenere le cartografie significative (es. stralcio cartografia P.A.I., ecc.).
- La relazione dovrà riportare informazioni sugli interventi di stabilizzazione che eventualmente si rendessero necessari e sul programma di controllo e monitoraggio che si fosse deciso di intraprendere.

#### ⇒ Relazione sulle indagini geofisiche.

- Tale relazione assume fondamentale importanza perché attraverso essa si arriverà a caratterizzare la categoria di sottosuolo utile alla definizione dell'azione sismica. Allo scopo è possibile, qualora ne ricorrano le condizioni, sfruttare i dati ricavabili dalla relazione geologico - geotecnica.
- La relazione dovrà contenere le seguenti informazioni:
  1. Programma di indagine per la caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno.
  2. Indicazione delle modalità esecutive delle prove effettuate e della strumentazione utilizzata.
  3. Localizzazione dei punti di indagine documentata attraverso opportuni elaborati grafici e fotografici.
  4. Certificati di laboratorio e documentazioni tecniche di indagine (grafici della velocità di propagazione delle onde all'interno dei substrati, ecc...).
  5. Valutazioni del tecnico incaricato sui dati ricavati dalle analisi per il calcolo esplicito delle  $V_{s,30}$  ai sensi delle indicazioni presenti al §3.2.2 del DM08 e del §C3.2.2 delle Istruzioni. A tal proposito, qualora non si siano eseguite prove geofisiche, il progettista dovrà identificare la categoria di sottosuolo in base ai dati ricavati nei primi 30 metri di profondità, o da prove penetrometriche dinamiche in terreni a grana grossa o dai valori della resistenza non drenata nei terreni a grana fine. In questo caso è comunque necessario calcolare i corrispondenti valori di  $V_{s,30}$  correlati ai valori delle prove geotecniche (utilizzare opportune formule di correlazione presenti in letteratura). Il progettista dovrà sempre esplicitare il calcolo sia esso relativo alle  $V_{s,30}$  o alle  $N_{SPT,30}$  o alla  $C_{u,30}$ .
  6. Qualora l'indagine, per motivi che dovranno essere ben esplicitati, non abbia raggiunto la profondità di 30 metri, sarà comunque necessario caratterizzare il sottosuolo fino a quella quota di riferimento, anche attraverso deduzioni tecnicamente coerenti con i dati disponibili o ricavati dalle indagini eseguite.
- Nel caso di terreni rientranti nelle categorie S1 ed S2 ai sensi della tabella 3.2.III del DM08, sarà necessario relazionare sull'effettuazione delle specifiche analisi richieste dalla normativa per la definizione delle azioni sismiche.



⇒ **Caratterizzazione topografica della zona**

(Riportare tutte le informazioni necessarie per identificare la categoria topografia della zona ai sensi delle indicazioni riportate in tabella 3.2.IV del DM08). In particolare:

1. Per l'identificazione della categoria topografica, qualora ricorrano le condizioni non ricadenti nella cat. T1, è necessario eseguire almeno una sezione del profilo topografico della zona esaminata, con riportati tutti i parametri dimensionali utili alla definizione delle caratteristiche della superficie topografica.

⇒ **Informazioni su situazioni particolari**

(In questa sezione il progettista dovrà riportare tutte le informazioni riguardanti situazioni ed aspetti non contemplati nei punti precedenti, ritenute complementari alla valutazione della vulnerabilità, ad esempio per aree soggette ad esondazione desumibili dalla cartografia P.A.I., ecc.).

⇒ **Sintesi dei risultati ottenuti**

- Riportare in una tabella riepilogativa le seguenti informazioni:
  1. Valori di  $V_{S,30}$ ,  $N_{SPT,30}$ ,  $C_{u,30}$  calcolati.
  2. Categoria del terreno.
  3. Categoria topografica.

### **3.2 – SULL'EDIFICIO PER L'ACQUISIZIONE DEL LIVELLO DI CONOSCENZA, DEL FATTORE DI CONFIDENZA FC E DELLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI**

- Tale relazione assume fondamentale importanza perché attraverso essa si arriverà a definire il Livello di Conoscenza LC della struttura, il fattore di confidenza FC e le proprietà dei materiali da implementare nel calcolo.

⇒ **Relazione sulle indagini**

- La relazione dovrà contenere le seguenti informazioni:
  1. Programma delle indagini per la caratterizzazione dei materiali, per l'approfondimento della geometria strutturale, per la ricerca dei particolari costruttivi, ecc...
  2. Descrizione delle tipologie delle prove sperimentali, della modalità di esecuzione e della strumentazione utilizzata.
  3. Localizzazione dei punti di indagine documentata attraverso opportuni elaborati grafici e fotografici.
  4. Documentazione delle indagini che hanno riguardato la ricerca di informazioni sul sistema di fondazione e relativa relazione descrittiva.
  5. Documentazione sull'esecuzione delle prove sperimentali distruttive e non distruttive, comprensive di certificati relativi alle prove di laboratorio, ecc.....
  6. Documentazione sull'esecuzione delle indagini dirette eseguite sull'edificio (rimozione dei copriferri per la determinazione dei diametri di armatura, saggi stratigrafici, rimozioni di intonaci per la verifica dell'organizzazione muraria e degli ammorsamenti tra i maschi murari, ecc.).
  7. Documentazione relativa alle indagini ed alle misure effettuate per la definizione del rilievo geometrico strutturale dell'edificio, che sarà riportata negli allegati cartacei ed informatici relativi al "Capitolo 2 – Conoscenza del Manufatto" della presente relazione.

⇒ **Relazione delle valutazioni del tecnico incaricato sulle caratteristiche dei materiali.**

- In questa sezione il tecnico incaricato dovrà relazionare circa l'elaborazione dei dati uscenti dalle prove di laboratorio e dai saggi in situ, per la definitiva scelta del livello di conoscenza e del relativo FC; in particolare dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

**CEMENTO ARMATO**

1. Esplicitazione chiara delle formule di conversione utilizzate per "correggere" i dati relativi alle singole prove in dati di progetto; in sostanza il progettista deve mostrare quale formula di letteratura e di comprovata affidabilità ha utilizzato per determinare il valore di progetto di un



parametro di resistenza (ad esempio, per passare dalla resistenza a compressione di una carota in c.a. uscente dal laboratorio al corrispondente valore da utilizzarsi per la definizione del valor medio, si devono utilizzare opportune formule (Masi, Giacchetti - Laquanili, Rilem, ecc...).

2. Riportare i calcoli relativi all'elaborazione dei dati di prova quando essi siano trattati attraverso prove combinate (tipo Sonreb, ecc...).
3. Esplicitazione dei calcoli relativi al procedimento di taratura delle eventuali prove non distruttive attraverso la determinazione del coefficiente di correlazione esistente tra i dati ricavati da una prova di carotaggio e da un Sonreb, effettuato nello stesso punto di indagine.
4. Esplicitare i calcoli eseguiti qualora si siano utilizzati particolari metodi di elaborazione dei dati (si fa riferimento ad esempio alla possibilità del progettista di costruirsi la curva Sonreb tarata in situ attraverso l'applicazione di formule di regressione lineare dei dati).

NOTA: I risultati delle elaborazioni dei dati relativi alle prove sui calcestruzzi dovranno essere restituiti sempre in resistenze cilindriche ( $f_c$ ).

#### MURATURA

5. Per le strutture in muratura è sempre obbligatorio riportare il valore dei parametri meccanici desunti dalle prove sperimentali, prima di procedere alla loro conversione in dati di progetto, ai sensi delle indicazioni delle Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche.
  6. Per la caratterizzazione delle murature è inoltre obbligatorio esprimere sempre un giudizio sulla qualità della malta, sullo spessore dei giunti di malta, sul grado di connessione tra i paramenti murari, sulla presenza di listature, sulla consistenza del nucleo interno ai paramenti, ecc.....
- o Nella relazione, a seguito delle elaborazioni sopra effettuate, il progettista dovrà dichiarare il Livello di Conoscenza ed il relativo FC acquisito attraverso le indagini, per poi definire i valori dei parametri di calcolo utilizzati nel modello per la valutazione della vulnerabilità. In particolare si dovranno riportare le seguenti informazioni:
1. Criteri di definizione dei Livelli di Conoscenza in relazione alle indicazioni ed alle tabelle presenti al §C8A – Allegato A – delle Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche.
  2. Eventuale applicazione del criterio di ripetibilità dei risultati delle prove in situ.
  3. Relazione sul grado di affidabilità delle prove eseguite e sulla omogeneità dei materiali presenti nell'edificio in termini di caratteristiche meccaniche.
  4. **!** Nel caso di acquisizione di un certo numero di dati sperimentali (tipico caso di esecuzione di prove non distruttive nel cemento armato) è consigliabile calcolare il coefficiente di variazione (CV) dato dal rapporto tra la Deviazione Standard (DS) e la Resistenza media ( $R_m$ ) del campione; in particolare:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

$$DS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_m - R_i)^2}{(n-1)}} \quad \text{per } n < 20$$

$$DS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_m - R_i)^2}{(n)}} \quad \text{per } n > 20$$

$$CV = \frac{DS}{R_m}$$

A tal proposito le FEMA 356 indicano che se  $CV > 14\%$  le prove andrebbero integrate.

Il CV, che rappresenta sostanzialmente la significatività statistica del numero di prove eseguite, è un parametro da considerarsi indicativo poiché il numero "giusto" di prove dipende da

fattori quali il compromesso fra risorse e tempi, l'importanza dell'edificio, problemi logistici, ecc ..

5. **!** Riguardo alla specificazione del Livello di Conoscenza raggiunto e del relativo FC da applicare alle proprietà meccaniche dei materiali: nel caso di strutture in cemento armato ed acciaio (vedi §C8A.2.4 delle Istruzioni) è possibile, qualora ne ricorrano le condizioni di convenienza ed opportunità, utilizzare FC differenziati tra i materiali indagati (ad esempio generalmente poche incertezze ed una minima variabilità caratterizzano le prove sugli acciai), oppure tra i materiali di travi e pilastri nel caso in cui siano palesemente diverse le caratteristiche di resistenza di questi elementi, ecc...
6. **!** Si ritiene che il Livello di Conoscenza standard da raggiungere in sede di programmazione della campagna di indagini sia pari ad un LC2, per qualunque tipo di costruzione esaminata. E' naturalmente auspicabile il conseguimento del livello di conoscenza LC3 (utilizzando se opportuno il criterio di ripetibilità ed omogeneità dei dati sperimentali). Qualora non sia stato possibile raggiungere un livello di conoscenza superiore ad un LC1 andranno riportate in modo esaustivo le motivazioni. Si ritiene altresì che, nel caso in cui si sia effettuato un progetto simulato e si sia riscontrata una significativa rispondenza dei dati calcolati con quelli riscontrati attraverso limitate verifiche in situ, si possa ritenere conseguito comunque un LC2; in questo caso il progettista dovrà relazionare circa l'opportunità di tale scelta.
7. *Elenco delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo da utilizzare nel calcolo:*
- $f_{cm}$  (valore definito desumibile dall'elaborazione dei dati di prova).
  - $f_{cm, duttile} = f_{cm}/FC$  (valore di calcolo utilizzato per le verifiche degli elementi/meccanismi duttili).
  - $f_{cm, fragile} = f_{cm}/(FC \cdot \gamma_c)$  (valore di calcolo utilizzato per le verifiche degli elementi/meccanismi fragili).
  - $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{cm, fragile}$  (resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo).
  - $E = 22000 \cdot [f_{cm} / 10]^3$  [N/mm<sup>2</sup>] (valor medio del modulo elastico non fessurato)
  - $E_{calc}$  (valore del modulo elastico effettivamente usato nel calcolo).
  - Specifica del diagramma di calcolo tensione-deformazione assunto per il calcestruzzo (vedi §4.1.2.1.2.2 del DM08) con riportati i valori di  $\epsilon_{ci}$  ed  $\epsilon_{cu}$ .
8. *Elenco delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio per calcestruzzo da utilizzare nel calcolo:*
- $f_{ym}$  (valore definito desumibile dall'elaborazione dei dati di prova).
  - $f_{ydm} = f_{ym} / FC$  (valore di calcolo utilizzato per le verifiche).
  - $f_{yd} = f_{ydm} / \gamma_s$  (resistenza di calcolo dell'acciaio; se si utilizza l'acciaio incoerente specificare anche  $kf_{yd}$ ).
  - Specifica del diagramma di calcolo tensione-deformazione assunto per l'acciaio (vedi §4.1.2.1.2.3 del DM08) con riportati i valori di  $\epsilon_{yk}$ ,  $\epsilon_{uk}$  ed  $\epsilon_{sk}$ .
  - $E$  (valore medio del modulo di elasticità normale non fessurato) =  $E_{calc}$
9. *Elenco delle caratteristiche meccaniche della muratura da utilizzare nel calcolo (§C8B – Allegato A – Istruzioni applicative delle NTC):*
- $f_m$  (resistenza media a compressione della muratura, desunta dalla Tabella C8B.1 delle Istruzioni in funzione del LC).
  - $f_{m, calc}$  (resistenza media a compressione della muratura di progetto, ottenuta dopo l'applicazione dei coefficienti correttivi della Tabella C8B.1 delle Istruzioni).
  - $\tau_o$  (resistenza media a taglio della muratura, desunta dalla Tabella C8B.1 delle Istruzioni in funzione del LC).
  - $\tau_{o, calc}$  (resistenza media a taglio della muratura di progetto, ottenuta dopo l'applicazione dei coefficienti correttivi della Tabella C8B.1 delle Istruzioni).
  - $E$  (valore medio del modulo di elasticità normale non fessurato, desunto dalla Tabella C8B.1 delle Istruzioni in funzione del LC).
  - $E_{calc}$  (valore del modulo elastico effettivamente usato nel calcolo, ottenuto dopo l'applicazione dei coefficienti correttivi della Tabella C8B.1 delle Istruzioni, eventualmente ridotto per tenere conto della fessurazione).
  - $G$  (valore medio del modulo di elasticità tangenziale non fessurato, desunto dalla Tabella C8B.1 delle Istruzioni in funzione del LC).

- $G_{calc}$  (valore medio del modulo di elasticità tangenziale usato nel calcolo, ottenuto dopo l'applicazione dei coefficienti correttivi della Tabella C8B.1 delle Istruzioni, eventualmente ridotto per tenere conto della fessurazione).
  - $W$  (peso specifico della muratura).
  - $f_d = f_m/\gamma_m$  (resistenza a compressione di calcolo per analisi lineari).
  - $f_{vd}$  (resistenza a taglio).
10. Elenco delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio da carpenteria utilizzate nel calcolo:
- $f_{ym}$  (valore definito desumibile dall'elaborazione dei dati di prova).
  - $f_{ydm} = f_{ym} / \gamma_c$  (valore di calcolo utilizzato per le verifiche).
  - $f_{yd} = f_{ym}/\gamma_s$  (resistenza di calcolo dell'acciaio; se si utilizza l'acciaio incrudente specificare anche  $kf_{yd}$ ).
  - $E$  (valore medio del modulo di elasticità normale non fessurato) =  $E_{calc}$
  - Specifica del diagramma di calcolo tensione-deformazione assunto per il l'acciaio (vedi §4.1.2.1.2.3 del DM08) con riportati i valori di  $\epsilon_{yd}$ ,  $\epsilon_{ud}$  ed  $\epsilon_{uk}$ .

### 3.3 – SUI SOLAI PER L'IDONEITÀ STATICA

⇒ Le indagini sui solai vanno eseguite per le seguenti finalità:

- Determinazione delle stratigrafie degli impalcati.
- Analisi dello stato di degrado delle strutture dell'impalcato.
- Verifica dello stato deformativo dell'impalcato.
- Con particolare riferimento alle strutture in muratura, verifica anche del grado di connessione alle pareti, oltre che all'eventuale cordolo.

⇒ Di fronte a solai che mostrino significativi segni di deformazione permanente o di cui si abbiano dubbi circa la "prestazione" strutturale statica per carichi verticali, è opportuno che vengano eseguite prove di carico. In questo caso è necessario produrre un'apposita relazione con:

- Descrizione delle modalità di prova e della strumentazione utilizzata.
- Certificati ed elaborati vari con i risultati della prova.
- Valutazioni del tecnico incaricato circa i risultati della prova, con evidenziazione di quelle che sono le conseguenze di tali risultanze nei confronti dell'analisi statica dell'impalcato stesso.

### 3.4 – SUL MANTENIMENTO DELLA FUNZIONALITÀ DEGLI IMPIANTI

⇒ Nel caso si valuti la vulnerabilità sismica di edifici di Classe d'uso III o IV (vedi §7.1 e §7.3.7.3 del DM08), dove l'efficienza degli impianti è una condizione necessaria al mantenimento del servizio reso all'interno della struttura (ad es. ospedali), qualora il committente ed il tecnico incaricato di concerto abbiano deciso di valutare lo SLO relativo al mantenimento della funzionalità degli impianti stessi, in questa sezione il tecnico incaricato dovrà relazionare in modo esaustivo su tutti quegli aspetti impiantistici significativi per la valutazione della vulnerabilità sismica degli stessi.

⇒ Allo scopo dovranno essere riportate le seguenti informazioni:

- Dislocazione e tipologia degli impianti esaminati, anche attraverso opportuni elaborati grafici.
- Descrizione ed elaborati grafici relativi alle connessioni degli impianti alle strutture dell'edificio.
- Particolarità significative ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica.

⇒ Allo scopo potranno essere seguite le indicazioni presenti al §C8I dell'Allegato A delle Istruzioni.

⇒ Anche nel caso non si verifichi lo SLO, sempre limitatamente alle classi d'uso III e IV, il tecnico incaricato dovrà comunque produrre una relazione con documentazione fotografica, inerente la valutazione sulla vulnerabilità sismica degli impianti, soprattutto in relazione all'interazione impianti – struttura.

### 3.5 – VALUTAZIONE CRITICA DELLE RISULTANZE DELLE INDAGINI

- ⇒ A seguito dei dati acquisiti attraverso le indagini in situ, il tecnico incaricato dovrà evidenziare e descrivere, anche attraverso elaborati grafici specifici, quelle che sono le "macrocarenze" rilevanti dell'edificio. L'obiettivo è quello di indicare tutti quegli aspetti sismicamente "negativi" che, a prescindere da qualsiasi calcolo condotto sul modello globale dell'edificio, possano influenzare il comportamento sismico d'insieme e dunque pregiudicare la validità del modello di calcolo stesso.
- Per gli edifici in cemento armato dovranno essere indicati la consistenza ed efficacia dei giunti tecnici tra corpi di fabbrica affiancati, la presenza di pilastri "corti", ecc...
  - Per gli edifici in muratura dovranno essere evidenziati le carenze dei collegamenti tra setti murari ortogonali, tra impalcati e pareti, la consistenza ed efficacia degli architravi, dei giunti strutturali, ecc..
  - Per gli edifici in acciaio dovranno essere riportate informazioni circa l'efficacia e la consistenza delle connessioni, ecc..
  - In particolare, nel valutare se gli orizzontamenti sono assimilabili a diaframmi rigidi, nel caso non siano rispettate le indicazioni geometriche presenti al §7.2.6 del DM08, è consigliabile considerare la deformabilità nel piano, e controllare che gli spostamenti orizzontali massimi dei nodi in condizioni sismiche non superino per più del 10% quelli calcolati con l'assunzione di piano rigido (vedi Istruzioni - §C7.2.6).
  - **!** Inoltre è bene che per definire un impalcato come infinitamente rigido e resistente si facciano delle opportune valutazioni di confronto con la rigidezza e resistenza degli elementi strutturali verticali ed orizzontali che sorreggono l'impalcato suddetto.

### Capitolo 4 – Valutazione della sicurezza

- ⇒ Specifica del motivo che è alla base della Valutazione della Sicurezza del fabbricato in oggetto: *(in particolare bisogna chiarire se la causa è una delle quattro previste dal DM08 nel §8.3. oppure se si ha come obiettivo la determinazione del grado di sicurezza del fabbricato nei confronti dell'azione sismica prevista per quella tipologia di edificio).*
- ⇒ Specifica dello stato limite nei confronti del quale viene eseguita la valutazione della sicurezza *(il DM08 indica che la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulla costruzione, potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU, di cui si può scegliere, per le strutture in c.a. e acciaio, in alternativa o lo SLV o lo SLC, mentre per le murature si può valutare solo lo SLV. Nel caso si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE, occorre specificare i relativi livelli di prestazione stabiliti dal progettista di concerto con la Committenza. A tal fine si raccomanda l'utilizzo dei criteri previsti nel §C3.2.1 delle Istruzioni).*

### Capitolo 5 – Vita Nominale, Classi d'Uso e Periodo di Riferimento

- ⇒ Assegnazione della Vita Nominale dell'opera strutturale oggetto di valutazione *(il n° di anni nel quale la struttura deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata, deve essere concertato con la Committenza, fermo restando che tale valore deve essere compatibile con la tipologia e con lo stato di conservazione del fabbricato. E' possibile adottare valori intermedi a quelli di frontiera previsti dalla tabella 2.4.1 del DM08, fermo restando che alla fine del periodo previsto dalla  $V_N$ , l'edificio dovrà essere di nuovo sottoposto a valutazione di vulnerabilità).*
- ⇒ Assegnazione della Classe d'Uso *(§2.4.2 del DM08).*
- ⇒ Calcolo del Periodo di Riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica *(con il rispetto delle limitazioni previste al §2.4.3 del DM08).*



## Capitolo 6 – Azioni sulla costruzione

- ⇒ Elenco, secondo le distinzioni presenti nel §2.4.3 del DM08, dell'insieme delle azioni che verranno considerate nell'ambito della valutazione della vulnerabilità *(in questa fase è necessario produrre solo un elenco delle azioni significative, mettendo eventualmente in evidenza la presenza di carichi particolari, tipo carichi concentrati dovuti a specifici elementi strutturali e non, carichi uniformemente distribuiti solo in alcune zone strutturali, ecc..... La quantificazione di tali azioni dovrà poi essere riportata in modo dettagliato nel capitolo relativo all'analisi dei carichi).*
- Indicazione, se è necessario, dell'opportunità di considerare, per la definizione dell'azione sismica, gli effetti della variabilità spaziale del moto *(ai sensi del §3.2.5 del DM08).*

### 6.1 – COMBINAZIONE DELLE AZIONI

- Specifica delle combinazioni di analisi adottate
  - Le combinazioni sismiche sono quelle previste al §3.2.4 del DM08; vanno specificati in maniera chiara i valori dei coefficienti  $\psi_2$  assegnati ai carichi accidentali presenti, con esplicito riferimento alla tabella 2.5.1 del DM08.
  - **!** La combinazione statica di riferimento per la valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato è quella che prevede i carichi gravitazionali combinati come nel caso sismico. Se questa combinazione di carico comporta la presenza di elementi non verificati, l'analisi di vulnerabilità sismica può essere bloccata; tuttavia si richiede di relazionare circa gli aspetti salienti che caratterizzano tale mancata verifica (quantificazione del numero degli elementi critici, tipologie dei meccanismi che generano tale deficit, grado di diffusione degli elementi critici nell'ambito della volumetria strutturale completa, ecc....). E' tuttavia sempre opportuno che, qualora gli elementi/meccanismi critici siano in numero esiguo rispetto al complesso strutturale del fabbricato, il tecnico incaricato esegua comunque una valutazione della vulnerabilità dell'edificio dopo aver eliminato le carenze statiche degli elementi critici attraverso opportuni interventi di adeguamento.
  - La combinazione statica generale (il cui soddisfacimento o meno, non comporta il blocco della valutazione della vulnerabilità del fabbricato) è quella indicata per le costruzioni esistenti al §8.5.5 del DM08, in cui  $\gamma_g$  può essere preso unitario e  $\gamma_q = 1,5$ .
  - **!** Tale combinazione deve comunque essere raffrontata con una combinazione statica in cui sia  $\gamma_g$  che  $\gamma_q$  siano presi col valore unitario. In questo modo ci si propone di valutare più criticamente la gravità del mancato adeguamento statico.
  - Se la verifica coinvolge opere geotecniche, esplicitare le combinazioni di carico per la valutazione delle stesse, ai sensi delle indicazioni riportate nel §2.6 del DM08.

### 6.2 – ANALISI DEI CARICHI

- ⇒ Esecuzione di una dettagliata analisi dei carichi *(con esplicito riferimento alle indicazioni ed alle tabelle presenti al §3 del DM08).*

### 6.3 – DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

- ⇒ Determinazione dell'azione sismica di riferimento per gli stati limite soggetti a verifica:
  - L'azione sismica va determinata secondo la procedura implementata nel §3.2 del DM08; a tal fine è consigliabile utilizzare il programma "Spettri" scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici o dal sito del Rischio Sismico della Regione Marche, attraverso il quale è possibile ricavare lo spettro elastico di sito. Quello di progetto andrà invece calcolato attraverso l'utilizzo di un fattore di struttura  $q$  valido per le costruzioni esistenti; pertanto esso sarà opportunamente "graficato" nel capitolo relativo alla descrizione del metodo di analisi effettuate (in questo caso analisi lineare con fattore di struttura – vedi paragrafo 12).
  - La relazione deve essere munita di tutte le informazioni e grafici derivanti dal programma stesso ed in più devono essere esplicitati tutti i parametri di riferimento ( $a_g$ ,  $F_a$ ,  $T_c$ , ecc....). Le informazioni sulla tipologia di terreno desunte dalle relazioni geologiche-geotecniche-geofisiche e sui fattori di amplificazione topografica e stratigrafica.



- *Nel caso si utilizzino gli accelerogrammi, la relazione dovrà riportare dettagliatamente la procedura di determinazione degli accelerogrammi stessi, nonché la verifica di spettro compatibilità, ai sensi e nel rispetto delle indicazioni presenti al §3.2.3 del DM08.*
  - *E' opportuno che la relazione faccia esplicito riferimento alla sequenza numerica dei sottoparagrafi riportata nel DM08 stesso.*
  - *Nel caso si combini l'analisi con un sisma verticale, andranno riportate analoghe informazioni per l'identificazione dell'azione sismica diretta in tale verso.*
- ⇒ Nel caso che, di concerto con la Committenza, si sia deciso di valutare l'azione sismica nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE), la determinazione dei relativi livelli di prestazione deve essere opportunamente relazionata.
- *A tal proposito è opportuno seguire le indicazioni riportate al §C3.2 delle Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche.*

#### **6.4 – DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DEL VENTO**

- ⇒ In base ai criteri riportati nel §3.3 del DM08, citando opportunamente le eventuali normative utilizzate ai fini della determinazione dell'azione (es. CNR-DT207/2008), riportare dettagliatamente i calcoli eseguiti per stimare l'azione del vento sulla costruzione.
- *Si ricorda che tale azione non è prevista in combinazione con l'azione sismica, per cui essa sarà esplicitata solo se viene ritenuta necessaria ai fini delle combinazioni statiche di riferimento (ad es. nelle strutture in acciaio, ...).*

#### **6.5 – DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DELLA NEVE**

- ⇒ In base ai criteri riportati nel §3.4 del DM08, citando opportunamente le eventuali normative utilizzate ai fini della determinazione dell'azione, riportare dettagliatamente i calcoli eseguiti per stimare l'azione della neve sulla costruzione.
- *Si ricorda che tale azione non è prevista, almeno per località con altezza s.l.m. inferiore ai 1000 metri, in combinazione con l'azione sismica, per cui essa verrà esplicitata solo ai fini della determinazione delle combinazioni statiche di riferimento.*

#### **6.6 – DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DELLA TEMPERATURA**

- ⇒ In base ai criteri riportati nel §3.5 del DM08, citando opportunamente le eventuali normative utilizzate ai fini della determinazione dell'azione, riportare dettagliatamente i calcoli eseguiti per stimare l'azione della temperatura sulla costruzione.
- *Si ricorda che tale azione non è prevista in combinazione con l'azione sismica, per cui essa sarà esplicitata solo se viene ritenuta necessaria ai fini delle combinazioni statiche di riferimento (ad es. nelle strutture in acciaio, ...).*

#### **6.7 – DETERMINAZIONE DELLE AZIONI ECCEZIONALI**

- ⇒ In base ai criteri riportati nel §3.6 del DM08, citando opportunamente le eventuali normative utilizzate ai fini della determinazione dell'azione, riportare dettagliatamente i calcoli eseguiti per stimare l'entità delle azioni eccezionali sulla costruzione.
- *Si ricorda che tale tipologia di azione non è prevista in combinazione con l'azione sismica, per cui essa sarà esplicitata solo se viene ritenuta necessaria ai fini delle combinazioni statiche di riferimento (ad esempio ospedali con eliporti, ecc...).*

## Capitolo 7 – Criteri generali di valutazione della vulnerabilità per azioni sismiche

⇒ In questa sezione, il tecnico incaricato dovrà riportare una serie di informazioni preliminari all'esecuzione del vero e proprio calcolo sismico, tali da poter fornire una completa ed esaustiva descrizione delle ipotesi basilari di verifica.

### 7.1 – ANALISI DI REGOLARITÀ

- ⇒ In conformità alle indicazioni presenti al §7.2.2 del DM08 e del §C7.2.2 delle istruzioni, il tecnico incaricato dovrà eseguire un'analisi della regolarità strutturale (ad eccezione del punto "g" controllabile solo a posteriori) riportando, anche mediante l'utilizzo di opportuni elaborati grafici e fogli elettronici allegati, i calcoli analitici richiesti per il soddisfacimento delle condizioni imposte dai succitati punti normativi.
- ⇒ In particolare si sottolinea che, nell'ambito dell'analisi di regolarità strutturale, non è possibile escludere gli elementi "secondari" eventualmente identificati ai sensi delle note normative di cui al §7.2.3 del DM08.

### 7.2 – CLASSIFICAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

- ⇒ Qualora la distinzione degli elementi in "duttili" e "fragili" risulti essere una condizione da cui non è possibile prescindere per la verifica della vulnerabilità del fabbricato (ad es. negli edifici in c.a. ed in acciaio), in questa sezione il tecnico incaricato dovrà descrivere il criterio di classificazione adottato (§C8.7.2.5 delle Istruzioni).
- *La classificazione in elementi duttili e fragili è necessaria ai fini dell'identificazione preliminare di quegli elementi strutturali condizionati da un comportamento intrinseco a sviluppare la propria crisi per via di meccanismi fragili (quali il taglio), piuttosto che di quelli duttili.*
  - *La classificazione degli elementi deve avvenire effettuando un confronto tra la resistenza flessionale dell'elemento, espressa in termini taglianti,  $V_{u, flex}$ , e la resistenza a taglio dello stesso elemento  $V_{u, shear}$ .*
  - *Con riferimento alla valutazione della resistenza flessionale dell'elemento, espressa in termini taglianti,  $V_{u, flex}$ , si sottolinea che il momento resistente  $M_u$  delle due sezioni di estremità è valutato nell'ipotesi di uno sforzo assiale corrispondente ai soli carichi gravitazionali da combinazione sismica, con la precisazione che qualora nell'ambito della sezione si verifichi una variabilità dell'armatura (tipico caso delle travi), devono essere valutati momenti resistenti positivo e negativo.*
  - *Con riferimento alla valutazione della resistenza a taglio dell'elemento,  $V_{u, shear}$ , bisogna tener conto della presenza di eventuali ferri piegati, anche stimando un passo di staffe trasversali equivalenti. In questo caso devono essere descritti con dettaglio i criteri di calcolo utilizzati per il presente scopo.*
  - *Per la stima del momento resistente della sezione andranno specificate chiaramente le ipotesi di base, quali la resistenza dei materiali in relazione al fattore di confidenza FC, ecc....*
  - *Le risultanze di tale classificazione dovranno essere compatibili con l'assegnazione dei parametri di calcolo (valore del fattore di struttura q, ecc..) e con i criteri di verifica utilizzati per gli elementi strutturali.*
- ⇒ Per gli edifici in muratura, in questa sezione si possono riportare tutte le informazioni relative alla classificazione strutturale delle pareti murarie, specificando se del caso quali siano sismo-resistenti e quali no, quali elementi sono stati esclusi dal calcolo e perchè, il ruolo dei sopra e sottofinestra di cui poi si terrà conto nel calcolo, il ruolo degli elementi in cemento armato od acciaio eventualmente presenti, ecc....
- ⇒ Tutti gli elementi non classificati come sismo-resistenti dovranno essere comunque trattati come elementi strutturali "secondari" ai sensi di quanto riportato al §7.2.3 del DM08.

*AP*

### 7.3 – VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ STATICA FINALIZZATA ALL'ANALISI SISMICA

⇒ **!** Conformemente alle indicazioni riportate al §6.1 del presente documento, prima di eseguire l'analisi sismica del fabbricato, è necessario valutare la situazione statica di partenza, intendendo con questo la valutazione dello stato di sollecitazione degli elementi soggetti alla combinazione dei carichi gravitazionali in condizioni sismiche. L'obiettivo è quello di controllare che tutti gli elementi strutturali verifichino in termini di resistenza, nella situazione di carico preliminare all'ingresso delle forze sismiche laterali. In particolare è necessario produrre tale documentazione:

- *Relazione descrittiva del modello di calcolo utilizzato per l'analisi, con particolare riferimento agli aspetti critici della modellazione stessa (vincoli particolari, elementi strutturali dalla geometria particolare, ecc.) ed in generale sottolineando tutti gli aspetti significativi alla comprensione completa del modello, allegando in particolare un numero di viste tridimensionali a colori del modello che permettano la visualizzazione completa e chiara della geometria strutturale, della consistenza materica e delle assegnazioni numeriche di nodi ed elementi, in modo tale da agevolare l'eventuale controllo dell'input e dell'output numerico uscente dal programma di calcolo.*
- *Relazione completa di input ed output uscente dal programma di calcolo da allegare su supporto informatico non modificabile.*
- *Allegati grafici in cui sono evidenziati gli elementi che vanno in crisi per carichi statici con riportata la motivazione delle crisi (pressoflessione, taglio, ecc....).*

### 7.4 – VALUTAZIONE DELLA IDONEITÀ STATICA DEI SOLAI

⇒ La verifica dei solai deve essere condotta nel rispetto degli Stati Limite previsti per le condizioni di esercizio relative all'utilizzo degli stessi. In particolare, si vuol ricordare che le Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni al §8.5.5, in virtù di un accurato rilievo geometrico – strutturale di fatto obbligatorio per un edificio esistente, consente di utilizzare coefficienti parziali modificati, assegnando valori di  $\gamma_G$  adeguatamente motivati.

- **!** *In particolare appare significativo valutare la combinazione statica che prevede un  $\gamma_G = 1,0$  ed un  $\gamma_D = 1,5$ .*

### 7.5 – IDENTIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI "URGENTI"

⇒ **!** Conformemente alle indicazioni riportate al §6.1 del presente documento ed alle risultanze emerse dall'analisi dei §7.1, 7.2 e 7.3 soprastanti, ed in risposta alle risultanze emerse dalle indagini in situ, dovranno essere indicate le misure progettuali da adottarsi necessariamente prima dell'esecuzione dell'analisi di vulnerabilità sismica, perché ritenute fondamentali. In particolare è necessario produrre tale documentazione:

- *Relazione con le valutazioni del tecnico incaricato circa l'esito delle risultanze delle analisi di cui ai punti 7.1 e 7.2: in particolare in questa sezione il tecnico incaricato dovrà indicare se i problemi di regolarità e di classificazione degli elementi/meccanismi siano tali da richiedere un intervento progettuale urgente.*
- *Relazione finale con le valutazioni del tecnico incaricato circa l'esito della verifica di cui al 7.3: in particolare in questa sezione dovranno essere indicate le eventuali misure progettuali da adottare preliminarmente alla verifica di vulnerabilità sismica evidenziando e descrivendo la tipologia di intervento da adottarsi per l'adeguamento dell'elemento critico. Tali considerazioni e scelte progettuali preliminari saranno necessarie per la comprensione del modello di calcolo utilizzato per la verifica sismica.*
- *Qualora in fase di indagine siano emersi problemi strutturali legati al sistema di fondazione (documentati dall'analisi del quadro fessurativo e dalle eventuali considerazioni tecniche fatte nell'ambito del capitolo 2 della presente relazione), il tecnico incaricato dovrà indicare gli interventi "urgenti" da adottarsi per il ripristino delle condizioni di sicurezza e di efficienza delle fondazioni.*
- *Relazione sulla consistenza ed efficacia dei giunti tecnici presenti nel caso di corpi di fabbrica affiancati: tale relazione dovrà chiarire la scelta progettuale del tecnico incaricato in merito all'opportunità di*



*analizzare separatamente i corpi di fabbrica, oppure studiarli accorpati. Si vuol far notare che nel secondo caso nentra solo l'analisi dei corpi privati del giunto (il che significa considerare "urgente" l'eliminazione del giunto tecnico non efficace sismicamente). Qualora invece si voglia valutare se un giunto tecnico, che non rispetti i limiti geometrici imposti dalla norma sismica (§7.2.2 del DM08), sia comunque sufficiente per evitare il fenomeno di martellamento tra un corpo e l'altro, la verifica andrà a far parte dell'analisi di vulnerabilità globale del fabbricato.*

- o *Valutazioni su interventi da eseguirsi a causa della presenza di tamponature "forti" e telaio "debole" - vedi specifiche al successivo punto 8.3 della presente relazione.*
- o *Valutazione sugli interventi da eseguirsi sui solai come conseguenza dei risultati emersi dall'analisi relativa al punto 7.4.*
- o *I provvedimenti minimi specifici per la muratura possono ricomprendere i classici interventi essenziali (anche intesi come di presidio temporaneo) tipici per tali strutture: cucitura di campi di solaio alle pareti di supporto, cucitura degli ammorsamenti tra i muri, l'eliminazione della possibilità di ribaltamento fuori dal piano delle pareti vulnerabili in tal senso (es. con inserimento di catene, ecc. .).*
- o *Relazione sugli eventuali interventi urgenti secondari (ad es. su elementi non strutturali, ma vulnerabili) individuati per l'edificio esaminato.*
- o *Relazione sugli interventi relativi alle opere di manutenzione.*

⇒ Il progettista, una volta identificati gli interventi urgenti da eseguire, dovrà fornire un Allegato di calcolo da dove emergano i criteri per il dimensionamento degli interventi strutturali proposti per l'eliminazione delle carenze riscontrate durante questa prima fase di verifica.

## Capitolo 8 – Aspetti ulteriori per la valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato

### 8.1 – PRESENZA DI ELEMENTI STRUTTURALI "SECONDARI".

⇒ Qualora il tecnico incaricato rilevi la presenza di elementi strutturali "secondari" ai sensi delle indicazioni presenti al §7.2.3 del DM08, in questa sezione dovrà relazionare circa gli aspetti salienti che essi possono avere nell'ambito della verifica della vulnerabilità sismica del fabbricato. In particolare:

- o *Dovrà essere specificata se la rigidezza e la resistenza di tali elementi verranno ignorate nell'analisi della risposta sismica, tenendo comunque presente che sarà necessario valutare se tali elementi siano in grado di assorbire le deformazioni della struttura soggetta all'azione sismica di progetto, mantenendo la capacità portante nei confronti dei carichi verticali.*

### 8.2 – PRESENZA DI ELEMENTI COSTRUTTIVI SENZA FUNZIONE STRUTTURALE SISMICAMENTE RILEVANTI

⇒ Nel caso si valuti la vulnerabilità sismica di edifici di **Classe d'uso III o IV**, qualora il tecnico incaricato rilevi la presenza di elementi costruttivi senza funzione strutturale (vedi §7.2.3 del DM08) il cui collasso può provocare danno a persone, nel caso in cui il committente ed il tecnico incaricato di concerto abbiano deciso di valutare lo **SLO** relativo al controllo del danno di tali elementi, in questa sezione il tecnico incaricato dovrà relazionare circa i criteri che verranno adottati per la verifica che dovrà essere condotta, insieme alle connessioni alla struttura, per l'azione sismica di verifica.

⇒ Nel caso si valuti la vulnerabilità sismica di edifici di **Classe d'uso I o II**, qualora il tecnico incaricato rilevi la presenza di elementi costruttivi senza funzione strutturale (vedi §7.2.3 del DM08) il cui collasso può provocare danno a persone, nel caso in cui il committente ed il tecnico incaricato di concerto abbiano deciso di valutare lo **SLD** relativo al controllo del danno di tali elementi, in questa sezione il tecnico incaricato dovrà relazionare circa i criteri che verranno



adottati per la verifica che dovrà essere condotta, insieme alle connessioni alla struttura, per l'azione sismica di verifica.

- La distribuzione di tali elementi, in determinate condizioni di irregolarità in pianta od in altezza, può influenzare la risposta sismica del fabbricato. In tal caso il tecnico incaricato dovrà specificare come tiene conto della presenza di tali elementi.
  - A tal proposito il DM08 al §7.2.3 specifica delle modalità per tener conto dell'effetto negativo di una distribuzione irregolare di tali elementi e indica le modalità per valutare gli effetti dell'azione sismica su di essi.

### **8.3 – MODELLAZIONE DI TAMPONATURE IN GRADO DI INFLUENZARE LA RISPOSTA SISMICA DI UN EDIFICIO IN CEMENTO ARMATO.**

- ⇒ Qualora il tecnico incaricato rilevi la presenza di tamponature in grado di influenzare la risposta sismica di un edificio in cemento armato, sarà necessario produrre una relazione in cui siano fatte delle valutazioni circa l'opportunità di considerare tali elementi nella risposta sismica del fabbricato.
  - A tal proposito il tecnico incaricato dovrà descrivere i criteri di modellazione delle tamponature stesse (puntone equivalente, elementi shell, ecc...), riportando tutti i calcoli per la determinazione dei parametri dimensionali e di resistenza che lo rappresentano.
  - E' significativo che il tecnico incaricato valuti la gerarchia delle resistenze telaio/tamponature per verificare quale dei due elementi risulti "più forte", tenendo conto dei vari meccanismi di rottura prevalenti per il pannello murario. In questo caso è necessario riportare i calcoli eseguiti ed i criteri di valutazione adottati allo scopo.
  - Tali considerazioni possono rientrare anche nella definizione degli interventi "urgenti" da eseguirsi per eliminare delle carenze strutturali gravi: ciò può verificarsi qualora si sia stimato che le tamponature possano mandare in crisi per meccanismi fragili i pilastri in cemento armato.
- ⇒ **!** Nel caso lo si ritenga opportuno e qualora dei calcoli specifici portino a confermare tale previsione di comportamento, è possibile considerare l'effetto delle tamponature solo per lo SLD (se esso viene valutato) e non per lo SLV o SLC.
  - Ciò equivale all'assunzione progettuale di ritenere che in corrispondenza degli SLU le tamponature si siano già danneggiate e non influenzino più la risposta globale (cosa vera se le tamponature vanno in crisi prima dei pilastri – vedi considerazioni sopra).

## **Capitolo 9 – Modellazione della struttura**

- ⇒ In questa sezione il tecnico incaricato dovrà riportare una descrizione dettagliata del modello di calcolo utilizzato per la valutazione della vulnerabilità sismica dell'edificio esaminato. In particolare dovranno essere riportate le seguenti informazioni:
  - Descrizione del modello di calcolo utilizzato per l'analisi, con particolare riferimento agli aspetti critici della modellazione stessa (vincoli particolari, elementi strutturali dalla geometria particolare, ecc.) ed in generale sottolineando tutti gli aspetti significativi alla comprensione completa del modello, allegando in particolare un numero di viste tridimensionali a colori del modello che permettano la visualizzazione completa e chiara della geometria strutturale, della consistenza materica e delle assegnazioni numeriche di nodi ed elementi, in modo tale da agevolare il controllo dell'input e dell'output numerico uscente dal programma di calcolo.
  - In caso di modellazione non lineare dei materiali, relazionare circa la caratterizzazione della non linearità per gli elementi modellati (ad es. raffigurazione del modello bilineare elastico perfettamente plastico dei pannelli murari, ecc...).
  - Dovranno essere evidenziati inoltre tutti quegli aspetti della modellazione che sono fondamentali per la comprensione del funzionamento del modello stesso: in particolare dovranno essere spiegati esaurientemente tutti gli aspetti legati al comportamento lineare e soprattutto non lineare adottato dal



software di calcolo (ad esempio, nel caso di analisi non lineare, far capire se il software adotta una modellazione a plasticità concentrata ovvero a fibre). In più dovranno essere riportate tutte le informazioni utili alla comprensione dell'input e dell'output numerico uscente dal programma di calcolo che non siano direttamente desumibili dalla lettura dei principi teorici di modellazione riportati nelle relazioni uscenti dal software stesso.

- In particolare nelle strutture di muratura dovranno essere riportate tutte le informazioni significative circa la comprensione del funzionamento degli elementi strutturali principali verticali (maschio) e orizzontali (fascia).
- Descrizione della modellazione utilizzata per gli orizzontamenti.
- Nel caso di edifici in aggregato è opportuno relazionare sui criteri utilizzati per tener conto dell'interazione tra U.S. e strutture aderenti.
- Nel caso di edifici misti andrà esaurientemente descritto il ruolo strutturale dei vari elementi resistenti presenti nel modello di calcolo, sia quando si vuol affidare l'azione sismica a solo una delle tipologie presenti (sarà necessario relazionare sulle modalità ed i criteri di modellazione finalizzati a tale scopo, ad es. con vincoli particolari, rigidzze modificate, ecc . . .), sia quando l'azione sismica è contrastata contemporaneamente da diverse tipologie costruttive (§C8.7.3 delle Istruzioni).

⇒ Si dovranno altresì riportare le valutazioni del tecnico incaricato circa l'opportunità di considerare nel calcolo effetti del "secondo ordine", ad esempio l'effetto  $P-\Delta$  per le strutture intelaiate; in tal caso si dovranno giustificare in maniera esaustiva le motivazioni di tale scelta (vedi indicazioni di norma presenti al §7.3.1 del DM08).

## Capitolo 10 – Input di calcolo

⇒ L'input completo di calcolo andrà fornito su un cd.

⇒ Per agevolare le eventuali operazioni di controllo è opportuno che vengano riportate almeno le seguenti informazioni schematiche di richiamo all'input della struttura presente all'interno del supporto informatico:

▪ Normativa di riferimento	pag.....
▪ Software di calcolo utilizzati	pag.....
▪ Caratteristiche dei materiali assegnati	pag.....
▪ Parametri sismici	pag.....
▪ Coordinate dei nodi	pag.....
▪ Dati di assegnazione per le aste, per gli elementi bidimensionali e tridimensionali	pag.....
▪ Vincoli e cedimenti nodali	pag.....
▪ Assegnazione dei carichi	pag.....
▪ Combinazione dei carichi	pag.....
▪ Dati delle armature (cemento armato)	pag.....
▪ Altro	pag.....

## Capitolo 11 – Metodi di analisi e criteri di ammissibilità

⇒ In questa sezione il tecnico incaricato dovrà indicare il metodo di analisi che verrà utilizzato per la verifica di vulnerabilità sismica del fabbricato. I metodi di analisi previsti dalla norma sono quelli riportati al §7.3 del DM08 dove, nei sottocapitoli, sono anche riportati i criteri di

ammissibilità degli stessi. In ogni caso dovranno essere riportate tutte le valutazioni ed i calcoli necessari alla verifica del criterio di ammissibilità del metodo utilizzato.

- ⇒ Per le costruzioni in muratura, quando ne ricorrano le condizioni e nei casi in cui è particolarmente significativo, oltre all'analisi sismica globale, da effettuarsi con i metodi previsti per le nuove costruzioni integrate con le indicazioni riportate nei capitoli specifici delle Istruzioni, è da considerarsi l'analisi dei meccanismi locali, ai sensi delle indicazioni riportate al §C8.7.1.1.

### 11.1 – ANALISI STATICA LINEARE CON SPETTRO ELASTICO

- ⇒ Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:
- Relazione sul rispetto dei requisiti di ammissibilità del metodo di cui ai criteri contenuti nel §C8.7.2.3 e nel §7.3.3.2 del DM08, in particolare per quello che riguarda l'analisi di regolarità.
  - Grafico con visualizzato lo spettro elastico per la componente orizzontale.
  - Grafico con visualizzato lo spettro elastico per la componente verticale (se presente).
  - Valore di  $T_1$
  - Valore di  $C_1$
  - Valore di  $H$
  - Valore di  $S_d(T_1)$
  - Valore di  $W$
  - Valore di  $\lambda$
  - Valore "z" delle quote dal piano di fondazione.
  - Valore di  $F$ , data dall'espressione (§7.3.6) del DM08.
  - Il tutto nel rispetto del significato delle espressioni riportate al §7.3.3.2 della norma.
  - Indicazione del metodo utilizzato per tener conto dell'eccentricità accidentale; nel caso si tenga conto dell'eccentricità utilizzando il valore di  $\delta$ , occorre indicare l'esatta procedura per il calcolo di tale parametro.
- Si ricorda che, conformemente alle disposizioni di cui al §7.8.1.5.2 del DM08, per la struttura in muratura è possibile ricorrere a questo tipo di analisi, anche per strutture irregolari in altezze, purché si ponga  $\lambda=1$ .

### 11.2 – ANALISI STATICA LINEARE CON SPETTRO DI PROGETTO

- ⇒ Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:
- Relazione sul rispetto dei requisiti di ammissibilità del metodo di cui ai criteri contenuti nel §C8.7.2.3 e nel §7.3.3.2 del DM08, in particolare per quello che riguarda l'analisi di regolarità.
  - Grafico con visualizzato lo spettro elastico della componente orizzontale.
  - Grafico con visualizzato lo spettro elastico per la componente verticale (se presente).
  - Valore di  $T_1$
  - Valore di  $C_1$
  - Valore di  $H$
  - Valore di  $S_d(T_1)$
  - Valore di  $W$
  - Valore di  $\lambda$
  - Valore "z" delle quote dal piano di fondazione.
  - Valore di  $F$ , data dall'espressione (§7.3.6) del DM08.
  - Il tutto nel rispetto del significato delle espressioni riportate al §7.3.3.2 della norma.
  - Indicazione del metodo utilizzato per tener conto dell'eccentricità accidentale; nel caso si tenga conto dell'eccentricità utilizzando il valore di  $\delta$ , occorre indicare l'esatta procedura per il calcolo di tale parametro.

### 11.3 – CARATTERIZZAZIONE MODALE DELLA STRUTTURA

⇒ A prescindere dal metodo di **analisi dinamica** che sarà eseguito per le verifiche strutturali, la caratterizzazione modale della struttura è un passo obbligatorio. In particolare andranno riportate le seguenti informazioni:

- Per ogni piano sismico andranno riportate le coordinate del centro di massa e la massa sismica di piano.
- Massa sismica totale.
- Elenco dei periodi propri di vibrazioni con associata la percentuale di massa partecipante.
- Spostamenti del centro di massa per ogni periodo considerato.
- L'elenco dovrà comprendere tutti i periodi fino ad un totale di massa partecipante superiore almeno all'85%.

→ Andranno allegati degli elaborati grafici che mostrino le deformate modali.

### 11.4 – ANALISI DINAMICA LINEARE CON SPETTRO ELASTICO

⇒ Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:

- Relazione sul rispetto dei requisiti di ammissibilità del metodo di cui ai criteri contenuti nel §C8.7.2.4 delle Istruzioni.
- Indicazione del metodo di combinazione quadratica utilizzata (SRSS o CQC).
- Grafico con visualizzato lo spettro elastico per l'azione orizzontale.
- Grafico con visualizzato lo spettro elastico per l'azione verticale (se presente).
- Indicazione del metodo utilizzato per tener conto dell'eccentricità accidentale.

### 11.5 – ANALISI DINAMICA LINEARE MEDIANTE INTEGRAZIONE AL PASSO DELLE EQUAZIONI DEL MOTO

⇒ Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:

- Relazione sul rispetto dei requisiti di ammissibilità del metodo di cui ai criteri contenuti nel §C8.7.2.4 delle Istruzioni.
- Grafico con visualizzato gli accelerogrammi utilizzati per l'azione orizzontale.
- Grafico con visualizzato gli accelerogrammi utilizzati per l'azione verticale.
- Analisi di spettro compatibilità.
- Indicazione del metodo utilizzato per tener conto dell'eccentricità accidentale.

### 11.6 – ANALISI DINAMICA LINEARE CON SPETTRO DI PROGETTO

⇒ Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:

- Relazione sul rispetto dei requisiti di ammissibilità del metodo di cui ai criteri contenuti nel §C8.7.2.4 delle Istruzioni.
- Indicazione del metodo di combinazione quadratica utilizzata (SRSS o CQC).
- Valore del fattore di struttura  $q$  utilizzato per l'analisi; si ricorda a tal proposito che nel caso di strutture in c.a. od acciaio il fattore  $q$  è variabile tra 1,5 e 3,0 per l'analisi dei meccanismi duttili ed è uguale a 1,5 per l'analisi dei meccanismi fragili (taglio e nodi).
- Grafico con visualizzato lo spettro di progetto per l'azione orizzontale.
- Grafico con visualizzato lo spettro di progetto per l'azione verticale (se presente).
- Indicazione del metodo utilizzato per tener conto dell'eccentricità accidentale.

### 11.7 – ANALISI STATICA NON LINEARE (PUSHOVER)

→ Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:

- Relazione sul rispetto dei requisiti di ammissibilità del metodo di cui ai criteri contenuti nel §7.3.4 del DM08, ferme restando le specifiche valide per le strutture in muratura presenti nel §C8.7.1.4 delle Istruzioni relative alle costruzioni in muratura e quelle per le strutture in c.a. presenti nel §C8.7.2.3 delle Istruzioni.

*A*



- *Per le strutture in muratura l'analisi statica non lineare è applicabile anche ad edifici che possiedano le caratteristiche riportate al §7.8.1.5.4 del DM08.*
- *Specifiche delle distribuzioni principali di forze laterali.*
- *Specifiche delle distribuzioni secondarie di forze laterali.*
- *Numero delle combinazioni di pushover esaminate; a tal proposito occorre ricordare che la norma obbliga l'esecuzione di tanti pushover quante sono le combinazioni possibili e le distribuzioni di forze laterali, tenendo conto anche delle eccentricità di legge. Nella consuetudine di eseguire analisi statiche non lineari per sofe due distinte distribuzioni di forze laterali, le combinazioni di legge diventano 24, tuttavia di fronte a strutture particolarmente regolari per le quali si dimostri che il comportamento non lineare non cambia nella sostanzialità modificando la direzione di ingresso del sisma, è possibile ridurre il numero delle analisi non lineari.*
- *Qualora l'analisi statica non lineare sia utilizzata come completamento od integrazione di analisi lineari (ad esempio per confrontare il valore del fattore di struttura utilizzato per l'analisi lineare con spettro di progetto) il numero delle analisi può essere ridotto ad un numero che il tecnico incaricato ritiene significativo per le valutazioni specifiche che intende fare.*

### 11.8 – ANALISI DINAMICA NON LINEARE

→ Si ricorda che l'analisi dinamica non lineare è possibile solo se la struttura è modellata attraverso un comportamento non lineare dei materiali. Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:

- *Descrizione della modalità di impiego dell'analisi dinamica non lineare: in particolare si ricorda che nel caso di struttura non regolare in pianta, l'azione sismica deve essere rappresentata da gruppi di 3 accelerogrammi (due nelle direzioni principali orizzontali, uno verticale) agenti simultaneamente. L'accelerogramma verticale è obbligatorio solo nei casi di cui al §7.2.1 delle NTC. I gruppi di accelerogrammi devono essere almeno 3.*
- *Descrizione e visualizzazione degli accelerogrammi utilizzati: a tal proposito la norma ritiene che gli accelerogrammi di riferimento siano quelli "artificiali", costruiti secondo le modalità riportate al §3.2.3.6 del DM08. Nel caso di utilizzo di tali accelerogrammi dovrà essere descritta in modo esaustivo la procedura di costruzione degli stessi. L'utilizzo di accelerogrammi registrati o generati mediante simulazione del meccanismo della sorgente è consentito nel rispetto delle indicazioni presenti al §3.2.3.6 del DM08.*
- *Verifica di spettro compatibilità degli accelerogrammi utilizzati.*
- *Relazione sull'analisi non lineare per la valutazione degli effetti dei carichi verticali (§C7.3.4.2 delle Istruzioni).*
- *Relazione sul confronto, in termini di sollecitazioni globali alla base, tra l'analisi dinamica non lineare e l'analisi modale con spettro di progetto (§C7.3.4.2 delle Istruzioni).*

### Capitolo 12 – Output di calcolo

⇒ L'output completo di calcolo andrà fornito su un cd.

⇒ Per agevolare le eventuali operazioni di controllo è opportuno che vengano riportate almeno le seguenti informazioni schematiche di richiamo all'input della struttura presente all'interno del supporto informatico:

▪ Caratteristiche dinamiche della struttura	pag.....
▪ Coordinate dei baricentri di massa e rigidezza	pag.....
▪ Verifiche aste in elevazione	pag.....
▪ Verifiche aste in fondazione	pag.....
▪ Verifica piastre	pag.....
▪ Verifica shell	pag.....
▪ Verifica nodi di calcestruzzo	pag.....
▪ Verifica setti in c.a.	pag.....



▪ Verifiche setti in muratura	pag.....
▪ Verifiche di pushover	pag.....
▪ Spostamenti SLE	pag.....
▪ Spostamenti SLU	pag.....
▪ Reazioni vincolari	pag.....

## Capitolo 13 – Verifiche di vulnerabilità

### 13.1 – VERIFICHE DI VULNERABILITÀ DI EDIFICI ISOLATI IN MURATURA

- ⇒ Le verifiche di sicurezza del fabbricato debbono essere condotte sia nei confronti dei meccanismi globali di piano (taglio e pressoflessione) che fuori del piano (pressoflessione), ferma restando la necessità di operare idonee verifiche locali qualora ne ricorrano le condizioni.
- ⇒ Le verifiche di sicurezza per un edificio murario si intendono automaticamente soddisfatte, senza l'esecuzione di alcun calcolo esplicito, per le costruzioni che rientrino nella definizione di "costruzione semplice" (§7.8.1.9).
  - *In questo caso il progettista dovrà condurre la verifica del rispetto dei requisiti di semplicità, esplicitando tutti i calcoli in conformità alle richieste presenti al succitato capitolo normativo.*
- ⇒ Per tutte le tipologie di analisi effettuabili, le verifiche fuori dal piano possono essere effettuate separatamente secondo la procedura prevista nel medesimo punto normativo. Debbono comunque essere soggette a verifica a pressoflessione fuori dal piano tutte le pareti aventi funzione strutturale, in particolare quelle portanti i carichi verticali, anche quando non considerate resistenti al sisma in base ai requisiti di Tab. 7.8.II. del DM08.
- ⇒ Nel caso di analisi lineare statica o dinamica le modalità di verifica devono seguire le procedure previste al §7.8.2.2 del DM08.
- ⇒ Nel caso di analisi statica non lineare, le verifiche andranno condotte attraverso il confronto tra la curva di capacità globale (in formato ADRS) del fabbricato con opportuni spettri di risposta elastica.
- ⇒ Nel caso di analisi dinamica non lineare, le verifiche andranno condotte in analogia a quanto previsto per l'analisi statica non lineare.
- ⇒ La curva di capacità forza - spostamento dovrà essere costruita attraverso la procedura prevista al §7.3.4 delle Istruzioni, con le precisazioni e differenze contenute nel §7.8.1.6 del DM08. In particolare:
  - *Per ogni pushover eseguito dovranno essere riportati i grafici relativi alla conversione della curva di capacità MDOF in quella del sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà (SDOF)*
  - *Per ogni pushover eseguito dovranno essere riportati i grafici relativi al confronto tra curva di capacità e spettro elastico in formato ADRS (accelerazione – spostamento).*
  - *Dovranno essere indicati i seguenti valori:*
    - $F_0$                     *Forza del sistema reale*
    - $d_c$                     *Spostamento del sistema reale*
    - $F'$                      *Forza del sistema equivalente*
    - $d'$                      *Spostamento del sistema equivalente*

- $\Gamma$  Coefficiente di partecipazione
- $T, k, m$  Parametri del sistema bilineare elastico
- $F_y, d_y$  e  $d_u$  Punti notevoli della curva bilineare
- $d_{max}$  Domanda in spostamento per il sistema anelastico da determinarsi per ogni stato limite esaminato.
- $q$  Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento del sistema equivalente
- $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$  Rapporto di sovraresistenza
- $q$  Fattore di struttura

⇒ Nel caso di analisi statica non lineare, la verifica di sicurezza consiste nel confronto tra la capacità di spostamento della costruzione  $d_u$  e la domanda di spostamento  $d_{max}$ , per lo stato limite esaminato.

⇒ Si ricorda comunque che, in caso di valori di  $q$  superiori a 3,0, la verifica è automaticamente **non soddisfatta**.

### 13.2 – VERIFICHE DI VULNERABILITÀ DI EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

→ Nel caso di analisi dinamica lineare con spettro elastico, la verifica degli elementi/meccanismi duttili andrà eseguita in termini di deformabilità, mentre quella di elementi/meccanismi fragili in termini di resistenza. In particolare:

- Gli elementi/meccanismi duttili debbono essere verificati confrontando i valori delle rotazioni alla corda con i corrispondenti valori desunti dall'analisi sismica.
- Gli elementi/meccanismi fragili (taglio e nodi) debbono essere verificati confrontando le resistenze limite con le sollecitazioni desunte dall'analisi sismica.

→ Nel caso di analisi lineare con spettro di progetto, la verifica degli elementi/meccanismi sia duttili che fragili, andrà eseguita in termini di resistenza. L'applicazione di tale metodologia prevede l'esecuzione di due analisi distinte per i meccanismi fragili (per i quali  $q=1,5$  sempre) e per i meccanismi duttili ( $q$  variabile tra 1,5 e 3,0). In particolare si ricorda che con tale procedura non è possibile esaminare lo stato limite di collasso (SLC).

⇒ Nel caso di analisi statica non lineare, le verifiche andranno condotte attraverso il confronto tra la curva di capacità globale (in formato ADRS) del fabbricato con opportuni spettri di risposta elastica.

→ La curva di capacità forza - spostamento dovrà essere costruita attraverso la procedura prevista al §C7.3.4 delle Istruzioni. In particolare:

- Per ogni pushover eseguito dovranno essere riportati i grafici relativi alla conversione della curva di capacità MDOF in quella del sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà (SDOF).
- Per ogni pushover eseguito dovranno essere riportati i grafici relativi al confronto tra curva di capacità e spettro elastico in formato ADRS (accelerazione – spostamento).
- Dovranno essere indicati i seguenti valori:
  - $F_b$  Forza del sistema reale.
  - $d_c$  Spostamento del sistema reale.
  - $F$  Forza del sistema equivalente.
  - $d$  Spostamento del sistema equivalente.

- $\Gamma$  Coefficiente di partecipazione.
- $T, k, m$  Parametri del sistema bilineare elastico.
- $F_y, d_y$  e  $d_u$  Punti notevoli della curva bilineare.
- $d_{max}^*$  Domanda in spostamento per il sistema anelastico da determinarsi per ogni stato limite esaminato.
- $q$  Rapporto tra forza di risposta elastica e forza di snervamento del sistema equivalente.
- $\frac{\alpha_v}{\alpha_1}$  Rapporto di sovreresistenza.
- $q$  Fattore di struttura.

⇒ Nel caso di analisi statica non lineare, una volta controllato che  $d_{max}^*$  è minore od uguale a  $d_u$ , per lo SL esaminato, la verifica di sicurezza consiste nel confrontare la compatibilità degli spostamenti per gli elementi/meccanismi duttili e delle resistenze per gli elementi/meccanismi fragili.

- **!** Nel caso in cui  $d_{max}^*$  risulti superiore a  $d_u$  la verifica è automaticamente **non soddisfatta**, pertanto andrà calcolato solo il rapporto tra questi due parametri.
- In caso contrario, per ogni stato limite esaminato è necessario ricavare il valore dello spostamento in corrispondenza del quale si verifica la crisi del primo elemento ( $d_{SL}$ ) (ad es., per lo SLCO lo spostamento in cui si verifica la crisi del primo elemento a taglio, ecc..). Andrà comunque sempre calcolato il rapporto tra  $d_{SL}$  e  $d_{max}^*$ .

⇒ Nel caso di analisi dinamica non lineare, le verifiche andranno condotte in analogia a quanto previsto per l'analisi statica non lineare.

### 13.3 – VERIFICHE DI VULNERABILITÀ DI EDIFICI IN ACCIAIO

⇒ La procedura analitica è identica a quella prevista per il cemento armato, tenendo conto delle differenze tra elementi/meccanismi duttili e fragili per le due tipologie strutturali.

### 13.4 – VERIFICHE DI VULNERABILITÀ DI EDIFICI MISTI

⇒ Le verifiche delle strutture miste sono fortemente condizionate dall'organizzazione dell'apparato strutturale e dall'interazione tra elementi strutturali di diverso materiale e diversa rigidità. È evidente pertanto che esse possono essere condotte nel rispetto di tutte le modalità previste per le tipologie di edifici prima esaminati, a seconda della prevalenza dell'una rispetto all'altra, ovvero dal ruolo combinato che esse possono assumere nel resistere al sisma. (rif. §8.7.3 e §C8.7.3).

⇒ Potrebbero dunque essere necessarie verifiche per meccanismi locali per le parti in muratura, in abbinamento a verifiche di resistenza e deformabilità per le parti in c.a., ecc..

⇒ Qualora nei capitoli precedenti relativi alla descrizione ed alle valutazioni sulla struttura sia stata fatta dal progettista la scelta di affidare la resistenza strutturale ad uno solo dei sistemi strutturali presenti, le verifiche andranno condotte nel rispetto delle metodologie e delle indicazioni per esso valide, fermo restando l'obbligo di verificare la compatibilità degli spostamenti per tutti gli altri elementi strutturali **non sismo resistenti**.



### 13.5 – VERIFICHE DI VULNERABILITÀ DI AGGREGATI EDILIZI

- ⇒ Le Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni al §C8C.1 ammettono l'effettuazione delle verifiche delle U.S. attraverso delle metodologie semplificate, ritenendo di significato solo "convenzionale" quelle svolte con i metodi utilizzati per gli edifici isolati, oppure tenendo conto di modellazioni approssimate dell'interazione tra i corpi di fabbrica adiacenti. Il tecnico incaricato dovrà riportare le seguenti informazioni:
- *Relazione descrittiva sui criteri e sui calcoli di verifica: nel caso di utilizzo di metodologie semplificate il progettista dovrà descrivere compiutamente le ipotesi di calcolo più significative ai fini della definitiva comprensione dei risultati di verifica.*
  - *Relazione descrittiva e calcoli di verifica dei meccanismi di collasso locali: andranno specificati in maniera chiara ed esaustiva tutti i calcoli relativi all'analisi cinematica lineare o non lineare ai sensi delle indicazioni contenute al §C8D delle Istruzioni. Allo stesso modo tutti gli altri tipi di verifica che il tecnico incaricato riterrà significativi andranno compiutamente relazionati.*
  - *Le relazioni di calcolo complete (file generati dai software, eventuali fogli elettronici, ecc. ), che riportano i risultati delle verifiche, andranno allegati in un cd, mentre i risultati più significativi andranno relazionati in un apposito documento descrittivo.*
- ⇒ Nel caso si utilizzassero per gli edifici in aggregato le tecniche di analisi tipicamente impiegate per gli edifici isolati, il tecnico dovrà relazionare circa il rispetto delle ipotesi preliminari e l'affidabilità di tale scelta progettuale.

### 13.6 – VERIFICHE DI VULNERABILITÀ DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI E DEGLI IMPIANTI

- ⇒ Qualora ricorrano le condizioni di cui al §C8I.1 dell'Allegato A alle Istruzioni, relative all'individuazione dei componenti non strutturali da sottoporre a valutazione sismica, è necessario procedere alle verifiche sismiche di questi elementi.
- ⇒ Allo scopo è necessario produrre la seguente documentazione:
- *Relazione descrittiva da cui emergano le motivazioni che hanno condotto alla verifica dell'elemento non strutturale: a tal fine si faccia riferimento alle indicazioni contenute nelle Istruzioni ed in particolare alla tabella C8I.1 dell'Allegato A.*
  - *Elaborati grafici con indicato il posizionamento dell'elemento od impianto da sottoporre a verifica di vulnerabilità.*
  - *Elaborati grafici con i particolari costruttivi salienti dei collegamenti degli elementi o impianti esaminati con le strutture dell'edificio.*
  - *Relazione con i criteri di verifica ed i calcoli utilizzati per l'analisi di vulnerabilità.*

### 13.7 – ELABORATI GRAFICI DI SINTESI DELLE VERIFICHE CONDOTTE

- ⇒ Per una miglior visione del quadro d'insieme in termini di grado di diffusione degli elementi non verificati nell'ambito del complesso strutturale esaminato, il progettista dovrà consegnare una serie di elaborati grafici in cui siano evidenziati tali elementi.
- *In particolare, qualora sia particolarmente significativo, dovranno essere evidenziati tutti quegli elementi che vanno in crisi per meccanismi fragili.*

## Capitolo 14 – Determinazione dell'Indicatore di Rischio ( $I_R$ )

- ⇒ Con l'utilizzo delle vecchie norme sismiche (OPCM 3431 e DM05), un obiettivo da perseguire nell'affrontare la valutazione della vulnerabilità sismica di un edificio esistente era la definizione dei livelli di accelerazione al suolo, corrispondenti agli stati limite sottoposti a verifica definiti



dalle norme tecniche, e dei loro rapporti con le accelerazioni attese. Si deve tener presente però che con il DM08 è sostanzialmente cambiata la definizione dell'input sismico, per cui tali indicatori non sono più sufficienti a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche. Tuttavia esso continua a rappresentare una "scala di percezione" del rischio, nei confronti della quale si è maturata una certa affinità. Per questi motivi viene introdotto anche il rapporto tra i periodi di ritorno di Capacità ( $T_{R,C}$ ) e di Domanda ( $T_{R,D}$ ) i quali, per non restituire valori fuori scala rispetto a quelli ottenibili col rapporto fra le accelerazioni, va elevato a 0,41. In sostanza

l'Indicatore di Rischio può essere definito nel seguente modo:  $I_{R,SL} = \left( \frac{T_{R,C}}{T_{R,D}} \right)^{0,41}$

- ⇒ Si ricorda a tal proposito che, qualora il committente di concerto con il progettista non ritenga significativa la valutazione nei confronti degli stati limite di SLO e SLD, per le strutture esistenti è possibile valutare solo uno fra lo SLV o lo SLC, e pertanto per la muratura rimane possibile valutare solo lo SLV.

#### 14.1 – INDICATORE DI RISCHIO PER LE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

⇒ **Procedura di determinazione di  $I_R$  mediante spettro elastico:**

1. Si procederà modificando in modo iterativo il valore del periodo di ritorno dello spettro di domanda  $T_{R,D}$  (ad esempio a step di 10 anni) fino a trovare il valore di  $T_{R,C}$  sotto il quale sono soddisfatte le verifiche in termini di deformabilità per gli elementi meccanismi duttili e di resistenza per quelli fragili.

2. Si calcolerà l'Indicatore di Rischio facendo il rapporto  $I_{R,SL} = \left( \frac{T_{R,C}}{T_{R,D}} \right)^{0,41}$ ;

3. Si calcolerà l'Indicatore di Rischio in termini di accelerazione mediante il seguente rapporto:

$$I_{R,SL} = \frac{a_g(T_{R,C})}{a_g(T_{R,D})}$$

Con questa procedura è possibile valutare tutti gli stati limite previsti dalla norma.

⇒ **Procedura di determinazione di  $I_R$  mediante spettro ridotto del fattore di struttura  $q$ :**

1. Si procederà in modo iterativo come per il caso dello spettro elastico, tuttavia con tale approccio non è possibile valutare lo stato limite di collasso (SLC).
2. Si dovrà determinare il valore di  $T_R$  e  $a_g$  sotto il quale sono soddisfatte le verifiche in termini di resistenza sia per i meccanismi duttili che per quelli fragili.

⇒ **Procedura di determinazione di  $I_R$  mediante pushover:**

1. Sulla curva generalizzata forza-spostamento dovranno essere identificati i punti corrispondenti alle seguenti situazioni:
  - a. Il primo collasso a taglio o il collasso di un nodo o il raggiungimento della rotazione ultima ad un piano (SLC);
  - b. Il raggiungimento della rotazione di salvaguardia della vita ad un piano (SLV);
  - c. Il raggiungimento della rotazione di snervamento ad un piano (SLD);



2. La curva di capacità dovrà essere confrontata con opportuni spettri di risposta elastica, eventualmente corretti con un valore appropriato del fattore eta, in funzione delle capacità dissipative corrispondenti a ciascuno stato limite.
3. L'intersezione della curva di capacità con gli spettri consentirà di calcolare il valore dell'accelerazione al suolo corrispondente agli stati limite esaminati ( $PGA_{SL}$ ).
4. Si calcolerà l'Indicatore di Rischio facendo il rapporto tra la  $PGA_{SL}$  minore e il corrispondente valore dell'accelerazione di aggancio allo spettro per lo stato limite esaminato.
5. Per determinare l'indicatore di rischio in termini di Periodo di Ritorno, si deve calcolare il seguente rapporto:

$$I_{R_{SL}} = \left( \frac{T_{R,C}(PGA_C)}{T_{R,D}(PGA_D)} \right)^{3,4}$$

6. **!** E' utile sempre calcolare, per ogni stato limite esaminato, il rapporto tra lo spostamento ultimo della bilineare equivalente e lo spostamento di domanda; in questo modo si ricava un indicatore di rischio relativo al comportamento "globale" della struttura e non vincolato alla crisi di un solo elemento.

#### 14.2 – INDICATORE DI RISCHIO PER LE STRUTTURE IN ACCIAIO

- ⇒ L'iter procedurale è identico a quello delle strutture in c.a. fermo restando che la determinazione delle rotazioni limite si determinano in conformità ai criteri riportati in §C8.7.2.7 delle Istruzioni ed in §C8F.2 dell'Allegato. Le verifiche sui collegamenti, ai quali si applica quanto prescritto per le nuove costruzioni, sostituiscono, di fatto, quelle sui nodi strutturali delle strutture in c.a..

#### 14.3 – INDICATORE DI RISCHIO PER LE STRUTTURE IN MURATURA E PER GLI AGGREGATI EDILIZI

- ⇒ **Procedura di determinazione di  $I_R$  mediante spettro ridotto del fattore di struttura q:**

1. Si procederà in modo iterativo fino a determinare il valore di  $T_{R,C}$  sotto il quale sono soddisfatte le verifiche in termini di resistenza sia per i meccanismi a pressoflessione e taglio nel piano della parete, sia per quelli pressoflessione fuori del piano.
2. Si dovrà comunque procedere alla determinazione del valore di  $T_{R,C}$  sotto il quale sono soddisfatte le verifiche a pressoflessione fuori del piano, di tutte le pareti aventi funzione strutturale, anche quando non considerate resistenti al sisma.

a. Si calcolerà l'Indicatore di Rischio facendo il rapporto  $I_{R_{SL}} = \left( \frac{T_{R,C}}{T_{R,D}} \right)^{0,41}$  ;

- b. Si calcolerà l'Indicatore di Rischio in termini di accelerazione mediante il seguente

rapporto:  $I_{R_{SL}} = \frac{a_g(T_{R,C})}{a_g(T_{R,D})}$

- ⇒ **Procedura di determinazione di  $I_R$  mediante pushover:**

1. Sulla curva generalizzata forza-spostamento dovranno essere identificati i punti corrispondenti alle seguenti situazioni:
  - a. il raggiungimento dello spostamento ultimo per lo SLV;
  - b. il raggiungimento dello spostamento ultimo per lo SLD;



2. La curva di capacità dovrà essere confrontata con opportuni spettri di risposta elastica, eventualmente corretti con un valore appropriato del fattore eta, in funzione delle capacità dissipative corrispondenti a ciascuno stato limite.
3. L'intersezione della curva di capacità con gli spettri consentirà di calcolare il valore dell'accelerazione al suolo corrispondente agli stati limite esaminati ( $PGA_{SL}$ ).
4. Si calcolerà l'Indicatore di Rischio facendo il rapporto tra la  $PGA_{SL}$  minore e il corrispondente valore dell'accelerazione di aggancio allo spettro per lo stato limite esaminato.
5. Per determinare l'indicatore di rischio in termini di Periodo di Ritorno, si deve calcolare il seguente rapporto:

$$I_{R, SL} = \left( \frac{T_{R,C}(PGA_C)}{T_{R,D}(PGA_D)} \right)^{0,4i}$$

6. **!** E' utile sempre calcolare, per ogni stato limite esaminato, il rapporto tra lo spostamento ultimo della bilineare equivalente e lo spostamento di domanda; in questo modo si ricava un indicatore di rischio relativo al comportamento "globale" della struttura e non vincolato alla crisi di un solo elemento.

⇒ **Procedura di determinazione di  $I_R$  nel caso di verifica per meccanismi locali:**

1. Nel caso valido per lo SLD, l'indicatore di rischio è dato dal rapporto tra l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo e l'accelerazione di picco della domanda sismica, con le seguenti precisazioni:
  - Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra, l'accelerazione di picco corrisponde con l'accelerazione al suolo, ovvero lo spettro elastico definito nel §3.2.3 del DM08, valutato per  $T=0$ .
  - Se il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota, si deve tener conto delle amplificazioni che modificano l'accelerazione al suolo.
2. Nel caso valido per lo SLV, l'indicatore di rischio è dato dal rapporto tra l'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo e l'accelerazione di picco della domanda sismica, con le seguenti precisazioni:
  - Nel caso di "verifica semplificata con fattore di struttura  $q$  (analisi cinematica lineare)", se la verifica riguarda un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra, l'accelerazione di picco corrisponde a quella definita in §3.2.3.2.1 del DM08 divisa per  $q$ , preso uguale a 2,0;
  - se il meccanismo locale interessa una porzione della costruzione posta ad una certa quota, si deve tener conto delle amplificazioni che modificano l'accelerazione al suolo.
  - Nel caso di "verifica con spettro di capacità (analisi cinematica non lineare)", l'indicatore di rischio si ottiene confrontando la capacità di spostamento ultimo  $d_u$  del meccanismo locale e la domanda di spostamento ottenuta dallo spettro di spostamento in corrispondenza del periodo secante  $T_S$ .





Si vuol ricordare che le procedure di verifica e determinazione dei parametri necessari per la stima dell' $I_R$  relativa al meccanismo locale, sono contenute all'interno del §C8D dell'Allegato alle Istruzioni.

Anche in questo caso è necessario riconvertire i risultati ottenuti in termini di accelerazione nei corrispondenti valori in termini di periodo di ritorno  $T_R$ , nella consapevolezza dell'approssimazione del metodo e con la procedura prevista per l'analisi statica non lineare.

#### **14.4 – INDICATORE DI RISCHIO PER LE STRUTTURE MISTE**

- ⇒ La presenza di apparati strutturali di diversa tipologia costringe il progettista a determinare l'Indice di Rischio differenziando le procedure a seconda della natura materica che caratterizza la porzione di fabbricato esaminata, in funzione dell'analisi prescelta e dell'accoppiamento previsto nel comportamento.
  - ⇒ Nel caso che la resistenza al sisma sia affidata contemporaneamente alle tecnologie strutturali presenti, la procedura di determinazione di  $I_R$  sarà quella valida per le strutture in muratura.
- Nel caso che la resistenza al sisma sia affidata totalmente ad una sola delle tecnologie strutturali presenti, la procedura di determinazione di  $I_R$  sarà quella valida per le strutture di tale natura.

### **Capitolo 15 – Valutazione critica dell'Indicatore di Rischio ( $I_R$ )**

- ⇒ In alcuni casi (tipicamente nel cemento armato) l'Indicatore di Rischio viene stimato in base alla crisi del primo elemento, in relazione al meccanismo esaminato. Sovente tale valore viene interpretato come "assoluto", cioè viene impropriamente considerato indicativo dello stato di vulnerabilità dell'intera struttura. In realtà, molto spesso, soprattutto quando i meccanismi critici sono quelli duttili, appare poco significativo focalizzare l'attenzione sulla crisi del primo elemento (si pensi, ad esempio, alla crisi rotazionale di una trave che di per se identifica un danno locale, il quale poco pregiudica la stabilità dell'intero complesso), per cui è opportuno valutare cosa succede dopo, fino almeno ad arrivare ad un numero di crisi significative per la struttura nel suo complesso (ad esempio, quando si consegue una situazione di labilità strutturale).
- ⇒ Dunque, la finalità di indagare in maniera critica l'Indicatore di Rischio è motivata dall'esigenza di valutare il meccanismo di collasso in termini "globali" e non solo locali.
- ⇒ E' evidente comunque che tale discorso ha particolarmente senso se i meccanismi di crisi sono quelli duttili, perché nel caso in cui a governare il collasso strutturale fossero i meccanismi fragili (taglio, nodi) è difficile poter pensare di valutare cosa succede in seguito al sopraggiungere della prima crisi (generalmente alla crisi per meccanismi fragili si associa una labilità strutturale, anche se localizzata).
- ⇒ In questa sezione il progettista dovrà dunque relazionare circa l'opportunità di valutare criticamente l'Indice di Rischio determinato con le procedure prima descritte per le varie tipologie strutturali, ai sensi delle indicazioni appena riportate.
- ⇒ Per la muratura, in particolare, occorre riportare distintamente gli Indici di Rischio correlati alle tre tipologie distinte di verifiche tipiche per tali strutture: verifica globale (funzionamento nel piano delle murature), verifiche locali (funzionamento fuori piano delle murature), verifica dei meccanismi locali.

## Capitolo 16 – Valutazione della progressione del danno

- ⇒ Benché in linea di principio l'approccio metodologico sia valido per tutti i casi di verifica, nel caso in cui il numero di elementi non verificati in una struttura sia sufficientemente ridotto rispetto al totale degli elementi resistenti e nel caso in cui la loro dislocazione non sia particolarmente diffusa nell'ambito del complesso edilizio, ha particolarmente senso valutare come cambia l'Indicatore di Rischio, adeguando "in progress" gli elementi critici, a partire da quelli che determinano l' $I_R$ .
- ⇒ In questo modo si ha un'idea dell'importanza che alcuni interventi strutturali mirati all'eliminazione delle carenze più gravi possono avere nell'ambito dell'innalzamento del grado di sicurezza dell'edificio.
- ⇒ A tal proposito si ricorda come le nuove norme sismiche suggeriscano, di fatto, di valutare l'impatto in termini di miglioramento sismico (non percentualizzato) e non solo di adeguamento, a fronte di ridotte disponibilità economiche utilizzabili per l'esecuzione del progetto di recupero.
- ⇒ Pertanto, in questa sezione il progettista dovrà relazionare circa le valutazioni fatte allo scopo, allegando opportuni elaborati grafici in cui siano evidenziati gli elementi "adeguati", riportando i criteri di adeguamento degli elementi stessi e segnalando in apposite tabelle le variazioni dei valori degli Indicatori di Rischio, a seguito degli interventi ipotizzati.

## Capitolo 17 – Riferimenti per la stesura della Relazione Tecnica

1. Cap. 10 NTC (DM08)
2. Cap. C10 Istruzioni NTC (bozza marzo '08)
3. CNR 10024/86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo"

## D) Documento di sintesi finale

**Griglia di valutazione per la compilazione della Relazione Tecnica di Valutazione della Vulnerabilità Sismica di un edificio esistente.**

EDIFICIO:

via \_\_\_\_\_, Comune di \_\_\_\_\_, Provincia di \_\_\_\_\_

PROPRIETARIO:

PROGETTISTA:

via \_\_\_\_\_, n° \_\_\_\_\_

c.a.p. \_\_\_\_\_, città \_\_\_\_\_

tel. \_\_\_\_\_, fax \_\_\_\_\_, cell. \_\_\_\_\_, e-mail \_\_\_\_\_

GEOLOGO:

via \_\_\_\_\_, n° \_\_\_\_\_

c.a.p. \_\_\_\_\_, città \_\_\_\_\_

tel. \_\_\_\_\_, fax \_\_\_\_\_, cell. \_\_\_\_\_, e-mail \_\_\_\_\_

Documentazione esistente

Annotazioni  Elenco della documentazione esistente Evoluzione strutturale e storia sismica:

Anno Progettazione \_\_\_\_\_, Anno Inizio Lavori \_\_\_\_\_, Anno Fine Lavori \_\_\_\_\_,

Anno Ristrutturazione Adeguamento \_\_\_\_\_, Anno Miglioramento \_\_\_\_\_, Anno \_\_\_\_\_

Anno Ampliamento \_\_\_\_\_, Vincolo Soprintendenza , Sismi storici subiti \_\_\_\_\_ Relazione sull'utilizzo della documentazione esistente

Conoscenza del manufatto		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<b>Descrizione generale dell'opera</b>		
Aggregato: Si <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>		
Tipologia Edificio: c.a. <input type="checkbox"/> , mur. <input type="checkbox"/> , acciaio <input type="checkbox"/> , mista mur.-c.a. <input type="checkbox"/> , mista acc.-c.a. <input type="checkbox"/> , mista mur.-acc. <input type="checkbox"/>		
Sup. di piano: <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup>		
<input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup> <input type="text"/> , m <sup>2</sup>		
Volumetria: m <sup>3</sup>		
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione sulle fondazioni</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Rilievo fotografico a colori con indicazione dei punti di vista</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Documentazione grafica e fotografica del quadro fessurativo e rilievo solo fotografico dello stato generale di conservazione dell'opera, con indicazione dei punti di vista</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione sullo stato generale di conservazione dell'opera e sul quadro fessurativo riscontrato</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Elaborati grafici di rilievo (sia su carta che su supporto informatico)</b>	
<hr/>		
Indagini in situ per la determinazione dell'azione sismica		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<i>Sui terreni per la caratterizzazione dei suoli</i>		
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione geologica</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione geotecnica</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Indagini geologico / geotecniche</b>	
<i>In situ:</i>		
- Sondaggi: n° <input type="text"/> , tipo <input type="text"/> e profondità <input type="text"/> (m);		
- Prove penetrometriche: n° <input type="text"/> , tipo <input type="text"/> e profondità <input type="text"/> (m);		
<i>In laboratorio:</i>		
- tipo di prove eseguite <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/>	<b>Indagini geofisiche</b>	
Tipo di indagine eseguita: Down Hole <input type="checkbox"/> , Rifrazione superficiale <input type="checkbox"/> , MASW <input type="checkbox"/>		
Altro <input type="text"/>		

<input type="checkbox"/>	<b>Analisi della stabilità del pendio</b>
<input type="checkbox"/>	<b>Caratterizzazione topografica della zona</b> Categoria Topografica: T <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> , T <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> , T <sub>3</sub> <input type="checkbox"/> , T <sub>4</sub> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Informazioni su situazioni particolari</b>
<input type="checkbox"/>	<b>Sintesi dei risultati ottenuti</b> V <sub>S,30</sub> <input type="checkbox"/> , N <sub>SPT,30</sub> <input type="checkbox"/> , C <sub>v,30</sub> <input type="checkbox"/> , Categ. di Terreno: A <input type="checkbox"/> , B <input type="checkbox"/> , C <input type="checkbox"/> , D <input type="checkbox"/> , E <input type="checkbox"/> , S <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> , S <sub>2</sub> <input type="checkbox"/>
<b>Indagini in situ sull'edificio</b> <span style="float: right;">Annotazioni <input type="checkbox"/></span>	
<i>Per l'acquisizione del livello di conoscenza, del fattore di confidenza FC e delle proprietà dei materiali</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione sulle indagini</b>
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione delle valutazioni del tecnico incaricato sulle caratteristiche dei materiali</b> Livello di conoscenza: LC <sub>clastica</sub> <input type="checkbox"/> , LC <sub>griglia</sub> <input type="checkbox"/> , LC <sub>mur</sub> <input type="checkbox"/> , LC <sub>acc</sub> <input type="checkbox"/> Fattore di confidenza: FC <sub>clastica</sub> <input type="checkbox"/> , FC <sub>acciaia</sub> <input type="checkbox"/> , FC <sub>mur</sub> <input type="checkbox"/> , FC <sub>acc</sub> <input type="checkbox"/> Valori meccanici di calcolo: Calcestruzzo: f <sub>cm,trag</sub> <input type="checkbox"/> , f <sub>cm,dutt</sub> <input type="checkbox"/> , MPa, E <input type="checkbox"/> MPa <input type="checkbox"/> Acciaio: f <sub>ym</sub> <input type="checkbox"/> MPa, E <input type="checkbox"/> MPa <input type="checkbox"/> Muratura: f <sub>m</sub> <input type="checkbox"/> N/cm <sup>2</sup> , τ <sub>co</sub> <input type="checkbox"/> N/cm <sup>2</sup> , E <input type="checkbox"/> N/mm <sup>2</sup> , G <input type="checkbox"/> N/mm <sup>2</sup> , w <input type="checkbox"/> Acciaio da carpenteria: f <sub>ym</sub> <input type="checkbox"/> MPa, E <input type="checkbox"/> MPa <input type="checkbox"/> Utilizzo di modulo elastico fessurato (Analisi lineare) – Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> Utilizzo di modulo elastico fessurato (Analisi non lineare) – Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
<i>Sugli impianti funzionali dell'edificio</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione sul mantenimento della funzionalità degli impianti</b>
<i>Sui solai per l'idoneità statica</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione sulle indagini sui solai</b> Prova di carico <input type="checkbox"/> Sì - <input type="checkbox"/> No, n° <input type="checkbox"/>
<i>Sulle valutazioni critiche</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione sulle valutazioni critiche dei risultati dell'indagine</b>

<b>Valutazione della sicurezza</b>		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Motivazione:</b> <input type="checkbox"/> Interventi che comportano una riduzione della capacità resistente e/o deformativa <input type="checkbox"/> Cambio di destinazione d'uso <input type="checkbox"/> Interventi che interagiscono con elementi strutturali resistenti <input type="checkbox"/> Determinazione del grado di sicurezza sismica (non conseguente alla esecuzione di interventi)	
<input type="checkbox"/>	<b>Stato limite di valutazione:</b> <input type="checkbox"/> SLO, <input type="checkbox"/> SLD, <input type="checkbox"/> SLV, <input type="checkbox"/> SLC	
<b>Vita Nominale, Classe d'uso e Periodo di riferimento</b>		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Vita Nominale:</b> anni <b>Classe d'uso e Cu:</b> I (0,7) <input type="checkbox"/> , II (1,0) <input type="checkbox"/> , III (1,5) <input type="checkbox"/> , IV (2,0) <input type="checkbox"/> <b>Periodo di riferimento:</b> (V <sub>R</sub> )	
<b>Azioni sulla costruzione</b>		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Elencazione azioni principali</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Effetti variabilità spaziale del moto:</b> Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<b>Specifiche delle combinazioni di analisi</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi dei carichi</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Determinazione dell'azione sismica</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione per la determinazione del livello di prestazione per lo SLE (qualora si eseguano verifiche di vulnerabilità secondo tale stato limite)</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Altre azioni:</b> Azione del vento: Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> Azione della neve: Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> Azione della temperatura: Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> Azioni eccezionali: Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>	



Criteri generali di valutazione della vulnerabilità per azioni sismiche		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<p><b>Analisi di regolarità</b></p> <p><i>Regolarità in pianta</i></p> <p>⇒ Configurazione in pianta compatta e simmetrica: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)</p> <p>⇒ Rapporto tra i lati di un rettangolo che inscriva la costruzione (&lt; 4): Lato A      m, Lato B      m, p (A / B)</p> <p>⇒ Rapporto tra rientri o sporgenze e dimensione totale nella direzione indagata (&lt; 25%) Direzione x: dim. rientri o sporgenze      m, dimensione totale      m, p      %</p> <p>⇒ Orizzontamenti infinitamente rigidi: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/></p> <p><i>Regolarità in elevazione</i></p> <p>⇒ Sistemi resistenti a tutta altezza: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/></p> <p>⇒ Massa e rigidezza costanti o variabili gradualmente: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)</p> <p>⇒ Restringimenti della sezione orizzontale assenti o gradualmente: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)</p>	
<input type="checkbox"/>	<b>Classificazione elementi strutturali</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Valutazione della vulnerabilità statica finalizzata all'analisi sismica</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Valutazione idoneità statica degli orizzontamenti</b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Identificazione interventi urgenti</b>	
Aspetti ulteriori per la valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Presenza di elementi strutturali secondari: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/></b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Presenza di elementi senza funzione strutturale sismicamente rilevanti Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/></b>	
<input type="checkbox"/>	<b>Presenza di tamponature sismicamente rilevanti: Si <input type="checkbox"/>, No <input type="checkbox"/></b>	
Modellazione della struttura		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Relazione dettagliata del modello di calcolo</b>	
Input di calcolo		Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Input di calcolo completo su supporto informatico</b>	

Analisi modale della struttura				Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Parametri modali della struttura</b>			
	Modo fondamentale lungo x	, Periodo	sec, massa % x	, massa % y
	Modo fondamentale lungo y	, Periodo	sec, massa % x	, massa % y
	Modo fondamentale torsionale	, Periodo	sec, massa % x	, massa % y
Metodi di analisi				Annotazioni <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Indicazione del metodo di analisi utilizzato per la valutazione della vulnerabilità sismica</b>			
	<input type="checkbox"/> Analisi dinamica lineare con integrazione al passo			
	<input type="checkbox"/> Analisi dinamica lineare con spettro di progetto			
	<input type="checkbox"/> Analisi statica lineare con spettro elastico			
	<input type="checkbox"/> Analisi statica lineare con spettro di progetto			
	<input type="checkbox"/> Analisi statica non lineare (pushover)			
	<input type="checkbox"/> Analisi dinamica non lineare			
Verifiche di vulnerabilità				Annotazioni <input type="checkbox"/>
<i>Edifici in muratura</i>				
<input type="checkbox"/>	<b>Codice di calcolo utilizzato:</b> , ver.			
<input type="checkbox"/>	<b>Edificio semplice:</b> Si <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)			
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi lineare con spettro di progetto:</b> Fattore di struttura q =			
<input type="checkbox"/>	<b>Numero di analisi non lineari eseguite:</b>			
<input type="checkbox"/>	<b>Meccanismi locali:</b> Si <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)			
<i>Edifici in cemento armato</i>				
<input type="checkbox"/>	<b>Codice di calcolo utilizzato:</b> , ver.			
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi lineare con spettro di progetto:</b> Fattore di struttura per meccanismi duttili q =			
<input type="checkbox"/>	<b>Numero di analisi non lineari eseguite:</b>			
<i>Edifici in acciaio</i>				



<input type="checkbox"/>	<b>Codice di calcolo utilizzato:</b> _____, ver.
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi lineare con spettro di progetto:</b> Fattore di struttura $q =$ _____
<input type="checkbox"/>	<b>Numero di analisi non lineari eseguite:</b> _____
<i>Edifici misti</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Codice di calcolo utilizzato:</b> _____, ver.
<input type="checkbox"/>	<b>Materiali sismo-resistenti considerati nel calcolo:</b> Muratura <input type="checkbox"/> , Cemento Armato <input type="checkbox"/> , Acciaio <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi lineare con spettro di progetto:</b> Fattore di struttura $q =$ _____
<input type="checkbox"/>	<b>Numero di analisi non lineari eseguite:</b> _____
<input type="checkbox"/>	<b>Meccanismi locali:</b> Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)
<i>Edifici in aggregato</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Codice di calcolo utilizzato:</b> _____, ver.
<input type="checkbox"/>	<b>Meccanismi locali:</b> Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)
<input type="checkbox"/>	<b>Metodo di verifica convenzionale:</b> Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> Tipo di verifica utilizzato: <input type="checkbox"/> Analisi lineare con spettro di progetto: Fattore di struttura $q =$ _____ <input type="checkbox"/> Analisi non lineare: Numero di analisi eseguite _____
<i>Altro</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Vulnerabilità elementi non strutturali o di impianti:</b> Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/> (calcoli in relazione)
<input type="checkbox"/>	<b>Elaborati grafici di sintesi</b>
Determinazione dell'Indicatore di Rischio $I_R$ <span style="float: right;">Annotazioni <input type="checkbox"/></span>	
<i>Edifici in cemento armato (o in acciaio)</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Mediante spettro elastico (o con integrazione al passo):</b> $I_{R,SLD} =$ _____ ( $T_R$ ), $I_{R,SLD} =$ _____ ( $a_g$ ), non determinato <input type="checkbox"/> (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)

<p> <math>I_{R,SLV} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (è stato scelto lo SLC)  <math>I_{R,SLC} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (è stato scelto lo SLV)  <b>Meccanismo critico:</b> <input type="checkbox"/> Rotazione  <input type="checkbox"/> Taglio  <input type="checkbox"/> Nodi (collegamenti)         </p>
<p> <input type="checkbox"/> <b>Mediante spettro di progetto (o con integrazione al passo):</b>  <math>I_{R,SLD} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)  <math>I_{R,SLV} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, - Meccanismo critico: <input type="checkbox"/> Rotazione  <input type="checkbox"/> Taglio  <input type="checkbox"/> Nodi (collegamenti)         </p>
<p> <input type="checkbox"/> <b>Mediante analisi statica non lineare (o dinamica non lineare):</b>  <math>I_{R,SLD} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)  <math>I_{R,SLV} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (è stato scelto lo SLC)  <math>I_{R,SLC} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (è stato scelto lo SLV)  <b>Meccanismo critico:</b> <input type="checkbox"/> Rotazione  <input type="checkbox"/> Taglio  <input type="checkbox"/> Nodi (collegamenti)         </p> <p><b>SOLO PER ANALISI STATICA NON LINEARE</b></p> <p><b>Indicatore di rischio globale (rapporto tra spostamento ultimo della bilineare e spostamento di domanda):</b></p> <p> <math>I_{R,glob,SLD} =</math> , non determinato <input type="checkbox"/> (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)  <math>I_{R,glob,SLV} =</math> , non determinato <input type="checkbox"/> (è stato scelto lo SLC)  <math>I_{R,glob,SLC} =</math> , non determinato <input type="checkbox"/> (è stato scelto lo SLV)         </p>
<p><b>Edifici in muratura</b></p> <p> <input type="checkbox"/> <b>Spettro a PGA unitaria (<math>a_g=1</math>):</b>  <math>I_{R,SLD} = (T_R)</math>, <math>I_{R,SLD} = (a_g)</math>, non determinato <input type="checkbox"/> (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)  <b>Meccanismo critico:</b> <input type="checkbox"/> Resistenza nel piano  <input type="checkbox"/> Deformazione di danno         </p>

A

$I_{R,SLV} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g)$ Meccanismo critico: <input type="checkbox"/> Deformazione ultima nel piano <input type="checkbox"/> Resistenza ultima fuori del piano
<input type="checkbox"/> <b>Mediante spettro elastico (o con integrazione al passo):</b> $I_{R,SLD} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g), \text{ non determinato } \input type="checkbox" \text{ (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)}$ Meccanismo critico: <input type="checkbox"/> Resistenza nel piano <input type="checkbox"/> Deformazione di danno $I_{R,SLV} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g)$ Meccanismo critico: <input type="checkbox"/> Deformazione ultima nel piano <input type="checkbox"/> Resistenza ultima fuori del piano
<input type="checkbox"/> <b>Mediante spettro di progetto (o con integrazione al passo):</b> $I_{R,SLD} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g), \text{ non determinato } \input type="checkbox" \text{ (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)}$ Meccanismo critico: <input type="checkbox"/> Deformazione di danno $I_{R,SLV} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g)$ Meccanismo critico: <input type="checkbox"/> Resistenza nel piano <input type="checkbox"/> Resistenza ultima fuori del piano
<input type="checkbox"/> <b>Mediante analisi statica non lineare:</b> $I_{R,SLD} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g), \text{ non determinato } \input type="checkbox" \text{ (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)}$ $I_{R,SLV} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g)$ <b>PER ANALISI STATICA E DINAMICA NON LINEARE</b> Indicatore di rischio in termini di accelerazione: $I_{R,SLD} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g), \text{ non determinato } \input type="checkbox" \text{ (non è obbligatoria la verifica di tale stato limite)}$ $I_{R,SLV} = \quad (T_R), I_{R,SLD} = \quad (a_g),$
<b>Edifici misti o in aggregato</b>
<input type="checkbox"/> <b>Ricondursi alle singole tipologie strutturali</b> <b>Tipologie strutturali coinvolte:</b> <input type="checkbox"/> muratura, <input type="checkbox"/> cemento armato, <input type="checkbox"/> acciaio,

A

<i>Meccanismi locali</i>	
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi cinematica lineare</b> $I_R = \quad (T_R), I_R = \quad (a_0)$ (attivazione del meccanismo)
<input type="checkbox"/>	<b>Analisi cinematica non lineare</b> $I_R = \quad (T_R), I_R = \quad (a_0)$ (attivazione del meccanismo)

Annotazioni:

Spazio per timbro e firma del progettista

Spazio per timbro e firma del geologo

Note aggiuntive sull'utilizzo della Griglia:

- Settore "DOCUMENTAZIONE ESISTENTE":
  - il campo "Vincolo Soprintendenza" va spuntato solamente se è applicato all'edificio un vincolo specifico da parte di tale ente;
  - nei campi riferibili a "Sismi storici subiti", vanno riportate le date storiche dei terremoti più significativi che hanno interessato la struttura in esame (utile riferimento: <http://emidius.mi.inq.v.it/DBMI04/> o <http://emidius.mi.inq.v.it/DBMI08/>);
  - per ciò che concerne i campi "Ristrutturazione, Miglioramento, Adeguamento e Ampliamento" è possibile indicare fino ad un massimo di due date per ogni categoria di intervento; qualora fosse necessario indicare più date, le stesse possono essere inserite nella parte "ANNOTAZIONI".
- Settore "CONOSCENZA DEL MANUFATTO":
  - è necessario indicare, innanzitutto, se l'edificio è parte di un aggregato. Nello specificare questo è buona norma che nel settore "ANNOTAZIONI" venga anche descritta sinteticamente la conformazione dell'aggregato e la posizione della U.S. all'interno dello stesso;
  - nell'individuare la tipologia dell'edificio, nel momento in cui questo si configuri come a struttura mista, con riferimento a quanto specificato nel Manuale, per meglio definire la sotto-tipologia in questione si può utilizzare sempre il settore "ANNOTAZIONI";
  - vanno indicati, inoltre, gli identificativi numerici dei piani, con la corrispondente superficie lorda coperta, interrati compresi. Nella scheda è possibile indicare fino ad un massimo di 10 elevazioni. Nel caso in cui fosse necessario aggiungere la specifica di ulteriori elevazioni, come al solito si può

ricorrere alla pagina delle "ANNOTAZIONI". Va indicata inoltre la volumetria lorda coperta del fabbricato, piani interrati compresi.

- Settore "INDAGINI IN SITU":

- per la parte riguardante l'acquisizione del livello di conoscenza LC e del fattore di confidenza FC, vanno indicati i valori relativi alle singole tipologie materiche presenti nell'edificio;
- per quello che concerne le proprietà dei materiali, vanno riportati i soli valori meccanici finali di calcolo, desunti dai dati di ingresso sperimentali opportunamente elaborati con l'utilizzo di formule e con la sequenza riportata nel Manuale. Si ricorda che in quest'ultimo viene riferita l'indicazione della necessità di mostrare esplicitamente nella Relazione Tecnica i passaggi intermedi che permettono la conversione dei valori sperimentali in valori di progetto;
- i valori dei moduli elastici da riportare sono quelli interi, prima cioè dell'eventuale loro parzializzazione (da indicare nel seguito);
- con particolare riferimento alla muratura, i valori da indicare devono prescindere dall'eventuale adozione del  $\gamma_m$  da applicare per le analisi di tipo lineare;
- nel caso in cui debbano essere riportate ulteriori caratterizzazioni della stessa tipologia materica (es. due o più classi di cls, due o più tipologie murarie, ecc.), le serie di valori aggiuntivi andranno specificati sempre nella parte "ANNOTAZIONI";
- infine, va spuntato l'utilizzo o meno nei calcoli dei valori fessurati dei moduli elastici, con riferimento al tipo di analisi eseguita

