

**ANIDIS - SSN: Commentario al D.M. 16.1.1996  
e alla Circ. n.65/AA.GG. del 10.4.1997 del Ministero LL.PP.**

**Cap. 12 - INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI  
(C.9.1, C.9.2, C.9.3, C.9.4)  
(Maurizio Ferrini)**

**SOMMARIO**

12.1. Generalità	12.3
12.1.1. Il quadro normativo	12.3
12.1.2. Evoluzione della normativa	12.5
12.2. Esame ragionato delle prescrizioni di norma	12.5
12.2.1. Interventi sugli edifici esistenti (C.9.0)	12.6
12.2.2. Intervento di adeguamento (C.9.1.1)	12.6
12.2.3. Interventi di miglioramento (C.9.1.2)	12.8
12.2.4. Progetto esecutivo degli interventi di adeguamento (C.9.2.1)	12.9
12.2.5. Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento (C.9.2.2)	12.12
12.2.6. Operazioni progettuali (C.9.2.3)	12.12
12.2.7. Criteri di scelta progettuale (C.9.2.4)	12.15
12.2.8. Provvedimenti tecnici d'intervento (C.9.3)	12.16
12.2.9. Provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici (C.9.3.1)	12.17
12.2.10. Provvedimenti tecnici di adeguamento o miglioramento intesi ad aumentare la resistenza strutturale (C.9.3.2)	12.18
12.2.11. Provvedimenti tecnici in fondazione negli interventi di adeguamento (C.9.3.3)	12.19
12.2.12. Giunti tecnici tra edifici contigui per interventi di adeguamento (C.9.3.4)	12.20
12.2.13. Aggetti verticali (C.9.3.5)	12.21
12.3. Commenti e miglioramenti possibili	12.21
12.4. Esempi di applicazione	12.23
12.4.1. Elaborati e stato del progetto di adeguamento	12.23
12.4.2. Relazione geotecnica	12.32
12.5. Conclusioni	12.36
12.6. Bibliografia	12.37



## Cap. 12 - INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI (C.9.1, C.9.2, C.9.3, C.9.4) (Maurizio Ferrini)

### 12.1. GENERALITA'

La normativa tecnica rivolta alla trattazione degli interventi sugli edifici esistenti così come per la costruzione di nuovi edifici dovrebbe, in linea di principio, costituire la griglia entro la quale si coniugano la volontà e gli interessi dei singoli (siano essi privati cittadini che pubbliche amministrazioni) con il livello di protezione o sicurezza che lo Stato intende, per ragioni di pubblica incolumità, assicurare mediante la normativa stessa.

La normativa tecnica costituisce dunque la logica conseguenza della volontà espressa dallo Stato con la classificazione sismica di un dato territorio e quindi rappresenta il presupposto per l'applicazione di tale volontà nell'attività edilizia in quel territorio.

La classificazione infatti costituisce la presa d'atto di una situazione di pericolosità sismica che però da sola non basta affinché non si traduca solo nella passiva attesa dei terremoti che verranno a colpire i territori classificati sismici; affinché sia anche il punto di inizio di una strategia nazionale di difesa dai terremoti deve essere accompagnata da altre organiche politiche di intervento (1).

Così posto il problema è tanto generale che costituisce – anche se raramente è analizzato in questi termini – il nucleo centrale delle decisioni politiche di un ente di governo della collettività: lo Stato da cui dipendono gli indirizzi generali per la sicurezza dei cittadini e delle Regioni e dagli Enti Locali da cui dipende l'attività urbanistica ed edilizia.

Aspetti questi ultimi che si sono posti a maggior ragione dopo il 1982, in conseguenza della classificazione sismica “preventiva” operata dallo Stato su gran parte d'Italia, passando da 500 a 2800 comuni classificati; per la prima volta in Italia, infatti, la classificazione sismica di un territorio non è avvenuta dopo che su di esso si è verificato un terremoto distruttivo, ma prima che ciò avvenga.

Tale carattere “preventivo” della classificazione richiede alle amministrazioni ma soprattutto ai cittadini ed ai professionisti, di assumere un diverso e preciso ruolo nei confronti della questione sismica e dei rapporti tra terremoto e territorio. Solo una consapevolezza del problema, costante nel tempo e negli atti, può infatti consentire di finalizzare concretamente e realmente gli interventi e le risorse impiegate nell'ambiente per la mitigazione del rischio sismico esistente al momento della classificazione, così da non incrementare il già elevato debito dei danni attesi a fronte degli eventi sismici previsti per quell'area, accumulato in anni di incuria e di perdita di memoria storica.

Il problema centrale della protezione del patrimonio edilizio consiste dunque, nella corretta gestione delle risorse che sono quelle che ogni giorno vengono spese per l'ordinaria attività edilizia di nuove costruzioni ed infrastrutture o di interventi di recupero del patrimonio edilizio e non certo quelle che potrebbero rendersi disponibili all'interno di programmi ed iniziative finalizzate alla prevenzione, tali risorse infatti non solo sarebbero ipotetiche e comunque straordinarie, ma la loro entità sarebbe modesta rispetto a quella della spesa ordinaria.

#### 12.1.1. IL QUADRO NORMATIVO

Gli interventi sugli edifici esistenti, trovano collocazione all'interno della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica ai paragrafi C.9 e C.10 del Decreto Ministeriale dei Lavori Pubblici del 16.1.1996: Norme tecniche per le zone sismiche. (G.U. n.29 del 5.2.1996).

Si ricorda che, diversamente dalle precedenti leggi il Ministero dei Lavori Pubblici ha previsto che le normative tecniche per le costruzioni, una volta definiti i principi generali all'interno della Legge 2.2.74 n.64, fossero disciplinate con successivi Decreti Ministeriali al fine di una maggiore possibilità di aggiornamento per meglio tenere conto dell'evoluzione in tale settore.

Di seguito si elencano i riferimenti legislativi vigenti con particolare riferimento alle costruzioni in muratura:

**A – Normativa sismica**

- a1 – Legge 2 Febbraio 1974 n.64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- a2 – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 Gennaio 1996: Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- a3 – Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 10.4.1997 n.65: istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

**B – Altre normative di riferimento**

- b1 – Legge 5 Novembre 1986: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- b2 – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 14 Febbraio 1992: Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- b3 – Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 15.10.1996 n.252: Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- b4 – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 20 Novembre 1987: Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.
- b5 – Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4 Gennaio 1989 n.30787: Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento - D.M. 20.11.87 -.
- b6 – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 Gennaio 1996: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- b7 – Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici \_\_\_\_\_ 1996 n.\_\_\_\_: Istruzioni in merito ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- b8 – Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- b9 – Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 Settembre 1988 n.30483: Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11.3.1988.

**C – Per gli edifici monumentali o comunque di interesse storico, alle prescrizioni estremamente generiche contenute nella L. 2.2.74 n.64, si sono aggiunte particolari indicazioni e raccomandazioni emanate da parte del Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali attraverso il Comitato Nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico, che contengono interessanti riflessioni ed indicazioni utili anche per gran parte del patrimonio edilizio ordinario in muratura:**

- c1 – Legge 2 Febbraio 1974 n.64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche:
  - art. 12 (Deroghe) - si prevede la possibilità di deroghe all'osservanza delle norme tecniche per le zone sismiche per l'esigenza di salvaguardare le caratteristiche ambientali dei centri storici; la deroga, i cui contenuti devono essere previsti nei piani di recupero, è rilasciata dal Ministero dei Lavori Pubblici.
  - art. 16 (edifici di particolare importanza artistica) – si afferma che qualsiasi lavoro di riparazione su edifici di tipo monumentale o storico è soggetto alle procedure vigenti in materia che una successiva circolare ha chiarito essere la L.1089/39 e la L.1497/39.
- c2 – Raccomandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche. Circolare n.1032 del Luglio 1986.
- c3 – Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento antisismico e manutenzione, nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica.

Documento tecnico approvato nel 1989 e trasmesso dal Ministero nel Marzo 1991.

c4 – Proposta di norme tecniche per la redazione dei progetti di restauro relativi agli interventi nei beni architettonici di valore storico artistico in zona sismica. A cura del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali. Documento dell'Ottobre 1996.

### 12.1.2. EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA

La normativa sismica negli anni da 1906 (regolamento sismico emanato a seguito del terremoto calabro del 1905) ad oggi, ha subito rilevanti trasformazioni sia di ordine concettuale che applicativo; queste trasformazioni hanno interessato soprattutto la realizzazione di nuove costruzioni piuttosto che gli interventi sul patrimonio edilizio esistente.

Basti pensare che fino al 1986 le normative tecniche erano finalizzate alla sola riparazione dei danni di un terremoto (ivi compresi il D.M. 3.3.75 ed il D.M. 19.6.84).

Tale situazione è perdurata qualche anno nonostante la classificazione “preventiva” operata su gran parte del territorio nazionale negli anni tra il 1981 ed il 1983. Il concetto di riparazione si riferiva agli edifici non completamente distrutti; implicitamente era intesa quale occasione e mezzo per conseguire condizioni di stabilità migliori di quelle preesistenti al terremoto al fine di assicurare una maggiore resistenza degli edifici all'eventuale ripetersi di scosse sismiche.

Nel 1986 l'aggiornamento della normativa supera finalmente il concetto di *riparazione* introducendo il concetto di intervento edilizio preventivo, che può essere di due tipi: l'*adeguamento* ed il *miglioramento* sismico. Questi due interventi sono comprensivi degli interventi di riparazione conseguenti agli eventi sismici, esplicitando quindi quanto contenuto nelle norme del D.M. 3.3.75.

Con il D.M. del 1986 si ricalcano gran parte delle norme dettate a seguito del terremoto dell'Irpinia con il D.M. del 2.7.1981 e con la successiva Circolare del 30.7.1986 n.21745, che erano valide però solo per il territorio interessato dalla ricostruzione e non per tutto il territorio nazionale. Le norme per la ricostruzione dell'Irpinia, introducono alcuni concetti fondamentali ed in particolare: quello dell'*adeguamento* antisismico e quello della *riparazione* tesa a conseguire un generico maggior grado di sicurezza. La verifica sismica poteva essere omessa nel caso che gli edifici in muratura, con l'avvenuta esecuzione delle opere progettate, possedessero requisiti costruttivi di efficacia pari a quelli realizzati per le nuove costruzioni in osservanza al punto C.5 del D.M. 3.3.75.

Si deve far altresì rilevare che le normative per l'Irpinia ricalcano a loro volta parte delle norme, dei criteri e dei metodi di verifica emanati dalla Regione Friuli a seguito del terremoto del '76.

Di fatto il D.M. dell'86 estende a tutto il territorio nazionale le normative adottate per la ricostruzione dell'Irpinia, ridenominando l'intervento di riparazione in quello di miglioramento ma lasciandone inalterati i contenuti; le tecniche consigliate sono peraltro le stesse di quelle del D.M. del '75. Va osservato che la progettazione di un intervento di riparazione susseguente a un evento sismico può beneficiare della conoscenza di un quadro di danno che metta chiaramente in luce i punti di debolezza della struttura e i potenziali meccanismi di collasso. Lo stesso non avviene nella progettazione di interventi di manutenzione straordinaria, ristrutturazione e risanamento conservativo, disciplinati dalla L.457/78.

### 12.2. ESAME RAGIONATO DELLE PRESCRIZIONI DI NORMA

Si è ritenuto opportuno, in alcuni casi, riportare in corsivo il testo della normativa, quale utile riferimento di lettura.

### 12.2.1. INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI (C.9.0)

*“C.9.0 Gli interventi di adeguamento o di miglioramento di seguito definiti possono essere eseguiti senza l’obbligo del rispetto di quanto stabilito ai punti precedenti delle presenti norme, relativi alle nuove costruzioni. Gli interventi comprendono le riparazioni dei danni prodotti da eventi sismici”.*

Rinviando a quanto già detto in altri paragrafi, per quanto attiene al secondo comma, cioè quello riguardante le riparazioni dei danni a seguito di eventi sismici, si vuole qui entrare del merito dell’ambito di applicazione degli interventi di adeguamento e miglioramento.

Nei successivi punti del C.9, si trovano alcune prescrizioni specifiche che vanno comunque osservate; ad esempio, alcuni tipologie di intervento in relazione alle altezze dei fabbricati ed al loro rapporto con la larghezza stradale, l’applicabilità del coefficiente di protezione sismica nelle verifiche sismiche, etc.

Gli interventi tecnici vengono descritti al punto C.9.8, avente per oggetto il miglioramento sismico. Nonostante ciò, gli interventi descritti sono applicabili anche nell’ambito dell’adeguamento.

### 12.2.2. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO (C.9.1.1)

Con adeguamento sismico si intende un complesso di *opere sufficienti* a far sì che l’edificio possa resistere alle azioni sismiche di normativa e ciò sia dimostrato con opportune verifiche descritte ai punti C.9.5.3, C.9.6.3 e C.9.7.3.

Gli interventi di adeguamento, sono generalmente rilavanti ed estesi, ed i costi possono facilmente risultare superiori a quelli di una nuova costruzione.

*“a) sopraelevare o ampliare l’edificio.*

*Le sopraelevazioni, nonché gli interventi che comportano un aumento del numero dei piani, sono ammissibili esclusivamente ove siano compatibili con le larghezze delle strade su cui prospettano; è altresì ammissibile una variazione di altezza, senza il rispetto delle norme di cui ai punti C.2 e C.3 qualora sia necessaria per l’abitabilità degli ambienti, a norma dei regolamenti edilizi, sempre che resti immutato il numero dei piani”.*

Secondo quanto previsto all’art. 14 della L. 64/74, la sopraelevazione di un edificio in muratura è limitata ad un solo piano; al momento della presentazione del progetto il progettista deve attestare che l’edificio non abbia subito precedenti sopraelevazioni, questione non semplice in considerazione dell’età e della storia dell’edificio (voto 76/83 del Cons.Sup.LL.PP).

La sopraelevazione deve inoltre integrarsi strutturalmente con l’edificio esistente: le scelte costruttive e strutturali dovranno quindi obbedire a criteri di coerenza meccanica con l’edificio preesistente e saranno quindi determinate da tale condizione (voto 29/92 del Cons.Sup.LL.PP).

Naturalmente bisognerà evitare di mantenere o, peggio, estendere eventuali intrinseci difetti della costruzione su cui si opera. Si dovrà dimostrare che la costruzione, con la sopraelevazione in progetto, presenta non solo omogeneità e coerenza costruttiva ma anche idoneità a sopportare il sisma.

La questione delle *sopraelevazioni* totali sul piano dell’edificio, parziali di una parte di esso (vengono definite dalla normativa come *ampliamenti*), parziali su tutto il piano (vengono definite *variazioni d’altezza*) devono essere compatibili anche con la larghezza della strada su cui prospettano.

Le deroghe ammesse riguardano principalmente gli ampliamenti, purché questi non superino l’altezza massima della parte dell’edificio già realizzato, e le variazioni di altezza ai fini dell’abitabilità dei vani, purché siano previste dai regolamenti edilizi e resti immutato il numero dei piani dell’edificio.

*“b) apportare variazioni di destinazione che comportino, nelle strutture interessate dall'intervento, incrementi dei carichi originari ( permanenti e accidentali) superiori al 20%”.*

Le previsioni di interventi tali da comportare un incremento dei carichi, sia permanenti che accidentali, superiore al 20% ed in stretto rapporto con le strutture interessate dall'intervento, è applicabile solo a quegli interventi che comportano una variazione di destinazione nell'uso dei locali: ad esempio, da residenziale a studio professionale o attività commerciale o produttiva, o anche ad ufficio aperto al pubblico.

Occorre quindi porre una particolare attenzione alla variazione dei carichi accidentali, che sono stati modificati dal nuovo D.M. del 16.01.96.

Tale limitazione è alquanto singolare e senz'altro riduttiva degli effetti delle azioni sismiche sulla struttura di un edificio, ma è chiaramente rivolta alla salvaguardia della incolumità pubblica.

*“c) effettuare interventi strutturali rivolti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente”.*

Per inquadrare gli interventi compresi in questo paragrafo è utile ricordare quanto previsto dalla L. 457/78 (norme generali per il recupero del patrimonio edilizio) ed in particolare all'art.31 ove si definiscono le tipologie degli interventi: manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia e ristrutturazione urbanistica.

La definizione dell'intervento contenuta all'art.31, alla lett.d) -ristrutturazione edilizia- che di seguito viene riportata evidenziandone in corsivo le differenze con quella sismica corrisponde di fatto a quanto contenuto nella lett.c) del citato C.9.1.1; chiaramente la normativa sismica si riferisce solo agli interventi che hanno implicazione strutturale ed in tal senso va inteso il concetto più ampio di trasformazione subita dall'organismo edilizio precedente.

L.457/78 – edilizia residenziale –  
art.31 – definizione degli interventi –

L.64/74 – Costruzioni in zone sismiche  
D.M. 16.01.1996 (ex D.M. 24.01.1986)  
punto C.9.1.1 Interventi di adeguamento “obbligatori”

d) ristrutturazione edilizia  
interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente.

c) interventi strutturali rivolti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.

Nella ristrutturazione edilizia così definita ai fini urbanistici, vengono generalmente compresi (occorre in tal senso vedere le specifiche normative regionali e delle Amm.ni Comunali) interventi che prevedono non solo il ripristino ma anche la sostituzione degli elementi costitutivi dell'edificio – strutture verticali e orizzontali – ed inoltre la modifica e l'inserimento di nuovi elementi, ivi compresa la modifica dei volumi e delle superfici, fino a giungere allo svuotamento dell'involucro edilizio; in altri casi gli interventi sono rivolti ad una riorganizzazione funzionale interna delle singole unità immobiliari o per un loro adeguamento igienico e sanitario. La classificazione di tali interventi nell'adeguamento non dipende tanto dal tipo di intervento e/o dalla estensione di tali opere a livello dell'intero edificio, ma dalle modifiche al comportamento sismico dell'edificio che tali interventi possono comportare.

*d) “effettuare interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche per innovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, allorché detti interventi implicino sostanziali alterazioni del comportamento globale dell'edificio stesso”.*

Se nel precedente paragrafo è chiaro il riferimento alla normativa urbanistica ed esplicito il fatto che l'edificio risulti alla fine ben diverso da quello attuale, gli interventi che ricadono in questo comma sembrano doverosi caratterizzare da questioni prevalentemente tecniche e strutturali.

In primo luogo viene richiamato esplicitamente il comportamento sismico globale dell'edificio. Si ricorda quanto sia importante un'attenta diagnostica dei materiali e dei collegamenti tra gli elementi strutturali, e soprattutto la scelta della schematizzazione e del modello di calcolo che meglio siano in grado di rappresentare quantitativamente e con sufficiente affidabilità lo stato di sicurezza attuale, e quello modificato attraverso il progetto.

In secondo luogo gli interventi devono essere tali da modificare in senso negativo tale comportamento, in quanto la norma non si riferisce ad una modifica ma ad una "alterazione" del medesimo.

L'edificio potrebbe infatti restare lo stesso sotto il profilo architettonico, ma gli interventi che si prevedono sono di un tale rilievo che è forte la preoccupazione, oppure è manifestamente evidente, che le modifiche siano peggiorative, ossia tali da introdurre *alterazioni* al comportamento globale del medesimo.

L'adeguamento diventa così obbligatorio, per rimediare all'entità ed all'invasività di tali interventi.

Tra gli esempi si possono evidenziare:

- lo sviluppo dell'edificio, mantenendo inalterati i prospetti;
- la demolizione di ampie superfici di muratura portante ai piani con particolare riferimento a quelli inferiori;
- la realizzazione di piani scantinati, tali da interessare così il sistema di fondazione attuale;
- la realizzazione di nuovi solai di piano o di copertura, la cui rigidità sia troppo elevata rispetto alla resistenza offerta dalle murature.

Si segnala la soppressione del paragrafo e) del punto C.9.1.1 comma 2, del precedente D.M. 24.01.86.

### 12.2.3. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO (C.9.1.2)

Con il *miglioramento* sismico la normativa non richiede il soddisfacimento di verifiche globali e consente la possibilità di interventi limitati ma che possono di fatto essere estesi a gran parte dell'edificio.

La norma definisce l'intervento di miglioramento come "*l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale*".

Gli interventi non devono quindi comportare una modifica *sostanziale* del comportamento strutturale dell'edificio, recuperando quindi anche il principio della manutenzione. La manutenzione è infatti fondamentale per qualsiasi struttura e, spesso, incide profondamente sulla vulnerabilità dell'edificio.

Nel caso di un intervento globale su un edificio, il livello di sicurezza non sarà definibile come per l'adeguamento, ma avrà i valori diversi a seconda degli interventi: si dice infatti che il miglioramento sismico va da poco più delle condizioni strutturali in cui si trova l'edificio esistente, fino a raggiungere livelli elevati tipici dell'adeguamento; i costi, diversi a seconda del tipo di miglioramento eseguito, sono tendenzialmente inferiori a quelli dell'adeguamento.

In un'ottica di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, gli edifici in muratura consentono di trovare un ampio ventaglio di soluzioni nell'ambito del miglioramento, diversamente da quelli in cemento armato. Per questi ultimi risulta infatti difficile prevedere interventi che non ne modifichino sostanzialmente il comportamento sismico.

Uno degli aspetti cruciali è ovviamente rappresentato dai costi che, se sono troppo elevati, possono far rinunciare a tempo indeterminato agli interventi.

Nel miglioramento sono compresi tutti quegli interventi che, a livello edilizio ed urbanistico, vanno dalla manutenzione ordinaria a quella straordinaria, fino al restauro conservativo.

Il recupero igienico e funzionale dell'appartamento o dell'edificio, se da un lato può comportare un'ottima occasione per migliorare il livello di sicurezza esistente, spesso diventa causa di interventi "inconsapevolmente" dannosi, che possono creare o aumentare i cinematismi di danno tipici che si osservano nelle strutture in muratura. Ad esempio si possono aprire e chiudere porte o finestre, scavare tracce nella muratura per il passaggio delle tubazioni di scarico o canalette, demolire i sottofinestra per sistemare i radiatori.

Come nell'adeguamento, può sussistere l'obbligatorietà anche nel miglioramento: ciò avviene nel caso in cui gli interventi siano tesi a rinnovare o a sostituire gli elementi strutturali dell'edificio quali ad esempio, muri, solai e copertura.

L'ultimo comma del punto C.9.2.1 indica che l'intervento di miglioramento "*si applica, in particolare al caso degli edifici di carattere monumentale, di cui all'art. 16 della legge 02.02.74, n.67, in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale*".

In questo comma è stata introdotta un'importante variazione relativa agli interventi sull'esistente, recependo di fatto un'impostazione ed un approccio scientifico e culturale, particolarmente dibattuto negli ultimi 10 anni.

E' stato riconosciuto il miglioramento sismico quale tipologia di riferimento per gli edifici avente carattere monumentale. Trovano quindi ulteriore applicabilità gli indirizzi e le direttive emanate negli anni scorsi dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali (v. Par.12.1.1) anche se è opportuna la formazione di un testo organico in materia.

Le regole che riguardano gli aspetti tecnici degli interventi sull'edilizia in zona sismica non hanno alcun riferimento alle caratteristiche storiche dell'opera, né formulano criteri per garantire la conservazione del messaggio culturale in esso contenuto. Pertanto le opere strutturali indirizzate alla conservazione di edifici di interesse storico (3) devono essere concepite in modo di non turbare in modo sostanziale la concezione originale.

Nel restauro di un'opera storica, il significato di continuità con il passato, che la tipologia strutturale e le tecniche costruttive dell'opera rappresentano, è uno dei principali dati del problema statico e forse quello che più ne condiziona la soluzione. Tuttavia, il riferimento alla normativa sismica non può e non deve essere eluso in quanto rimane inderogabile il conseguimento della sicurezza antisismica.

Le conseguenze della scelta del miglioramento come prassi di intervento, secondo le indicazioni espresse dal Comitato per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal rischio sismico, possono così essere riassunte:

- nelle analisi dello stato di fatto si dà particolare importanza all'approccio storico;
- eventuali calcoli sono elementi di valutazione non esclusiva, accanto ad altri elementi, di natura qualitativa e comparativa;
- qualunque intervento deve privilegiare i materiali ed i magisteri originali o comunque compatibili con i tessuti esistenti, con grande attenzione per l'uso di materiali diversi;
- l'utilizzo di qualsiasi tecnologia innovativa deve poter essere assoggettata a valutazioni e ove possibile a verifiche della *compatibilità*, della *durabilità* e della *reversibilità* nonché dell'*efficacia* in termini meccanici;
- le valutazioni e le scelte dovrebbero risultare dal concorso pluridisciplinare e da decisioni collegiali.

#### **12.2.4. PROGETTO ESECUTIVO DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO (C.9.2.1)**

"C.9.2.1 Progetto esecutivo degli interventi di adeguamento.

Gli interventi di adeguamento antisismico di un edificio devono essere eseguiti sulla base di un progetto esecutivo firmato, ai sensi dell'art. 17 della legge 2 febbraio 1974, n.64, da un ingegnere, architetto, geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze.

Il progetto deve essere completo ed esauriente per planimetria, piante, sezioni, particolari esecutivi, relazione tecnica, relazione sulle fondazioni e fascicolo dei calcoli per la verifica sismica. In particolare la relazione tecnica deve riferirsi anche a quanto indicato nei successivi punti C.9.2.3 (operazioni progettuali) e C.9.2.4 (criteri di scelta progettuale).

In ogni caso i disegni di progetto devono contenere le necessarie informazioni atte a definire le modalità di realizzazione degli interventi nonché, ogni qualvolta occorra, la descrizione e la rappresentazione grafica delle fasi di esecuzione con le relative prescrizioni specifiche.

Nel caso in cui sia prescritto l'adeguamento ai sensi del precedente punto C.9.1.1 (interventi di adeguamento), e viceversa, in relazione allo stato di fatto dell'edificio e sulla base degli accertamenti e delle verifiche eseguite, risulti che non occorrono provvedimenti di adeguamento, deve essere ugualmente presentata, ai sensi del citato art. 17 della legge 2 febbraio 1974, n.64, la documentazione tecnica sopra indicata riferita al fabbricato esistente.

La verifica sismica è tassativa per gli edifici con struttura in cemento armato, metallica ed a pannelli portanti.

Essa può essere omessa e sostituita da una specifica ed adeguata relazione tecnica per gli edifici in muratura ordinaria che allo stato di fatto o dopo l'avvenuta esecuzione delle opere di rinforzo eventualmente progettate, posseggano i requisiti costruttivi di cui ai punti C.5.1 (regole generali per i nuovi edifici in muratura) e C.5.2 (edifici in muratura ordinaria). Se gli edifici in muratura ordinaria non hanno i requisiti citati, la verifica sismica è obbligatoria.

*Nelle verifiche sismiche, per gli interventi di adeguamento, si terrà conto dei coefficienti di protezione sismica I definiti nei punti precedenti”.*

L'articolo descrive puntualmente tutti gli adempimenti e le procedure necessarie ed alle quali deve attenersi il progettista dell'intervento. Il contenuto del progetto non solo viene definito in ogni sua parte (relazione tecnica e sulle fondazioni, fascicolo dei calcoli, piante, sezioni e particolari esecutivi) ma soprattutto tale richiesta si inquadra in un concetto generale di tipo prestazionale: *“il progetto deve essere completo ed esauriente”*. E' richiesto infatti che per gli interventi siano date *“le modalità di realizzazione, la descrizione e la rappresentazione grafica delle fasi di esecuzione con le prescrizioni specifiche”*.

Il progetto esecutivo definisce l'opera in ogni sua parte, morfologica, distributiva, strutturale ed impiantistica e contiene una definizione analitica di ogni elemento significativo, con i relativi costi, tecniche e tempi di esecuzione dell'opera, anche ai fini di una corretta contrattualistica.

La richiesta di avere anche per gli interventi sul patrimonio edilizio un progetto esecutivo è peraltro di grande rilievo in quanto rende equivalente la progettazione di tale intervento a quella necessaria per la realizzazione di una nuova costruzione. Della necessità di tale prescrizione si può riflettere, tenuto conto che ciò era già previsto nella L.64/74, all'art. 17 (Denuncia dei lavori, presentazione ed esame dei progetti) mentre non esiste analogo riferimento nei capitoli che riguardano le nuove costruzioni, a meno di riferirsi alla Legge 1086/81.

Nella seguente Tab. 12.1 sono schematicamente riportati alcuni degli elementi che si ritengono essenziali per una progettazione qualificata, tale da ridurre gli inconvenienti delle varianti in corso d'opera.

Tab. 12.1 – Gli elementi per la progettazione (7)

<b>LE FINALITA'</b>	L'ADEGUAMENTO E/O IL MIGLIORAMENTO ANTISISMICO E/O LA RIPARAZIONE DEI DANNI
<b>I LIMITI</b>	LE RISORSE ECONOMICHE LA DEFINIZIONE DI ADEGUAMENTO E/O DI MIGLIORAMENTO LE CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DELL'EDIFICIO
<b>I PARAMETRI</b>	LE INDAGINI DIAGNOSTICHE E CONOSCITIVE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI L'AFFIDABILITA' DEI METODI DI CALCOLO E VERIFICA LE TECNICHE DI INTERVENTO L'USO DEI MATERIALI LA COMPATIBILITA' E LA REVERSIBILITA' DELL'INTERVENTO I COSTI DELLE SINGOLE OPERE LA SEMPLICITA' DELLE FASI ESECUTIVE ED I TEMPI DI ESECUZIONE LA CHIAREZZA E LA ORGANICITA' DEL PROGETTO PER LE FASI DI APPALTO E CONTROLLO DEI LAVORI

Il progetto esecutivo di un intervento deve quindi consentire il riscontro delle seguenti operazioni progettuali:

- elaborazioni di un quadro esauriente sulla regolarità degli interventi proposti, nei confronti dei disposti di legge;
- individuazione, derivante da un'analisi globale e puntuale dell'edificio, degli schemi strutturali resistenti alle azioni definite dalla normativa vigente; tale individuazione deve essere particolarmente approfondita nei casi di edifici interessati da interventi strutturali eseguiti in tempi recenti;
- valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali, con riguardo ai collegamenti tra questi, ai particolari costruttivi, all'eventuale degrado dei materiali e ai dissesti in atto; determinazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle sue singole parti, tenendo conto anche della presenza di elementi non strutturali;
- scelta dei provvedimenti tecnici di riduzione degli effetti sismici e di rafforzamento strutturale, operata sulla base delle analisi di cui ai precedenti punti a), b), c), in relazione alle caratteristiche storico-architettoniche e con riferimento allo schema strutturale definitivo risultante a seguito del complesso degli interventi sull'edificio. La scelta dovrebbe essere anche operata nell'ottica dell'ottimizzazione delle risorse economiche da impiegare.

Il progetto esecutivo, nel caso si prevedano interventi di adeguamento obbligatorio, deve essere sempre presentato (limitatamente alla documentazione tecnica dello stato di fatto), anche qualora la valutazione delle condizioni di sicurezza attuali dell'edificio sia tale da non indurre a realizzare interventi particolari di adeguamento ma solo soluzioni di miglioramento.

La normativa evidenzia quanto sia ritenuto "difficile" l'intervento su un edificio esistente, quanta cura ed attenzione vadano dedicate a una professionalità che deve essere rivalutata e posseduta non solo dal progettista ma anche dalle maestranze; solo la sensibilità e la professionalità consentono infatti di comprendere e discernere tra i concetti fondamentali della stessa normativa sismica la soluzione più adatta al caso specifico.

Come peraltro sottolineato nelle varie circolari interpretative, la normativa lascia nel rispetto dei principi generali, un'ampia scelta delle soluzioni progettuali e delle modalità operative, in relazione alle specifiche caratteristiche dell'edificio e agli interventi previsti. Negli edifici in muratura, spesso rappresentativi di valori storici ed architettonici, la casistica degli interventi è estremamente vasta e complessa e pertanto richiede uno studio attento per una corretta applicazione della più appropriata tecnologia di intervento specificatamente necessaria.

La verifica deve essere sempre presentata nel caso di edifici con struttura in cemento armato, metallica ed a pannelli portanti, mentre per un edificio esistente in muratura ordinaria, la norma conferma (vedi il precedente

D.M. 24.1.86) una certa flessibilità in quanto ne viene richiesta l'obbligatorietà **solo** nei casi ove allo stato di fatto o dopo l'avvenuta esecuzione delle opere di rinforzo, l'edificio esistente non possiede i requisiti costruttivi contenuti nella normativa per la realizzazione di nuove costruzioni, punti C.5.1 (regole generali per i nuovi edifici in muratura) e C.5.2 (edifici in muratura ordinaria); in questi casi la verifica può essere omessa e sostituita da una specifica ed adeguata relazione tecnica.

### **12.2.5. PROGETTO ESECUTIVO DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO (C.9.2.2)**

Anche per la realizzazione di interventi di miglioramento viene richiesta la presentazione di un progetto esecutivo, limitatamente alle opere interessate dagli interventi.

Con ciò si ribadisce l'importanza di un progetto e che questi sia esecutivo: l'attenzione ai particolari costruttivi non può venire meno in un qualsiasi intervento di recupero sull'esistente, tanto più in zona sismica per l'importanza attribuita all'efficacia dei collegamenti tra i diversi elementi strutturali.

La relazione tecnica deve essere invece completa in ogni sua parte, ed in particolare deve essere messa in evidenza la dimostrazione che gli interventi progettati non comportino sostanziali modifiche al comportamento globale dell'edificio.

### **12.2.6. OPERAZIONI PROGETTUALI (C.9.2.3)**

La norma indica chiaramente le fasi logiche attraverso le quali si deve elaborare il progetto di adeguamento o miglioramento sismico.

- "a) individuazione dello schema strutturale nella situazione esistente;*
- b) valutazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle caratteristiche di resistenza degli elementi strutturali interessati dagli interventi, avuto riguardo alla eventuale degradazione dei materiali e di eventuali dissesti in atto;*
- c) scelta progettuale dei provvedimenti di intervento operata sulla base degli elementi come sopra determinati;*
- e) verifica sismica, se necessaria, del nuovo organismo strutturale".*

Nello specifico delle operazioni progettuali la normativa rimanda a quanto previsto nel successivo punto C.9.5. Per ciascuna tipologia strutturale – muratura, cemento armato e acciaio – sono indicati i requisiti per la determinazione dello schema strutturale, per l'analisi dei materiali e per la verifica sismica. Gli argomenti vengono trattati al Cap. 13 e al Cap. 14 del presente commentario, dedicati, rispettivamente alla muratura e al cemento armato.

Di seguito invece, si vogliono evidenziare alcuni aspetti relativi alla valutazione preliminare, all'analisi globale della costruzione ed alla valutazione successiva all'analisi numerica.

L'iter progettuale può essere esposto e riassunto nel diagramma a blocchi della Fig. 12.1.

La procedura indicata è stata originariamente sviluppata per gli edifici in c.a., ma nelle esperienze condotte, si è dimostrata utile anche per le altre tipologie costruttive (2).

#### **A) Analisi globale**

La procedura consente di verificare le condizioni strutturali dell'edificio e quindi di scegliere la tipologia d'intervento e dunque di decidere se optare per l'adeguamento o per il miglioramento, salvo i casi previsti al punto C.9.1.1 che rendono obbligatorio l'adeguamento.

Ciascun intervento su edifici esistenti comporta preliminarmente un esame globale del fabbricato, teso a individuare e definire la struttura resistente nei confronti delle azioni sismiche.

Tale analisi mira ad individuare tutti gli elementi che costituiscono la costruzione definendone sia le caratteristiche geometriche che meccaniche, con particolare riguardo alla qualità dei materiali e al loro eventuale degrado, sia per la parte in elevazione che per la fondazione ed il terreno da essa interessato; valuta l'entità dei carichi presenti sugli elementi stessi, e rileva l'eventuale quadro fessurativo presente nell'edificio.

Il rilievo critico è condizione fondamentale per un'analisi dell'edificio al fine di valutarne la situazione effettiva. Le modalità di esecuzione del rilievo devono tendere ad evidenziare gli aspetti che influiscono maggiormente sulla capacità di risposta della struttura ed in particolare quelli che ne determinano in maggior misura la vulnerabilità alle azioni sismiche:

- funzionamento scatolare del complesso ( inadeguatezza dei vincoli tra le pareti ortogonali ed il cattivo collegamento dei solai con le pareti);
- resistenza delle pareti ( cattiva qualità dei materiali e dei leganti costituenti la muratura);
- efficienza dei diaframmi nel trasferimento delle azioni sismiche;
- stabilità del complesso edificio-terreno (capacità di trasmettere al terreno le sollecitazioni senza cedimenti differenziali).

La valutazione della tecnica costruttiva adoperata per le pareti murarie, è determinata per la scelta della resistenza convenzionale da utilizzare nelle condizioni, facendo riferimento alle tabelle contenute nella circolare applicativa D.M. 2.7.1981. Gli elementi sono tra l'altro: il tipo di pietre utilizzate e le loro dimensioni; l'ingranamento tra le diverse pietre al fine di formare una tessitura stretta; la presenza di vuoti all'interno della parete muraria; la qualità della malta; la qualità del collegamento tra i parametri murari costituenti la sezione del muro; il grado di ammorsamento tra le murature d'angolo con particolare riferimento al perimetro esterno ed ai muri interni con quelli di facciata (4).

Per i solai in legno o in ferro sono da valutare: le caratteristiche dell'orditura delle travi principali e di quella secondaria (tavolato in legno, elementi di laterizio, etc.) e all'eventuale materiale di riempimento (peso e consistenza); le condizioni di ammorsamento delle travi alla muratura.

Per le coperture, oltre a valutazioni analoghe a quelle dei solai di piano, è necessario determinare se il tetto è spingente e in che misura; a tale scopo va anche verificata l'esistenza di un solaio di sottotetto capace di svolgere un'efficace azione di assorbimento delle spinte determinate dalle falde.

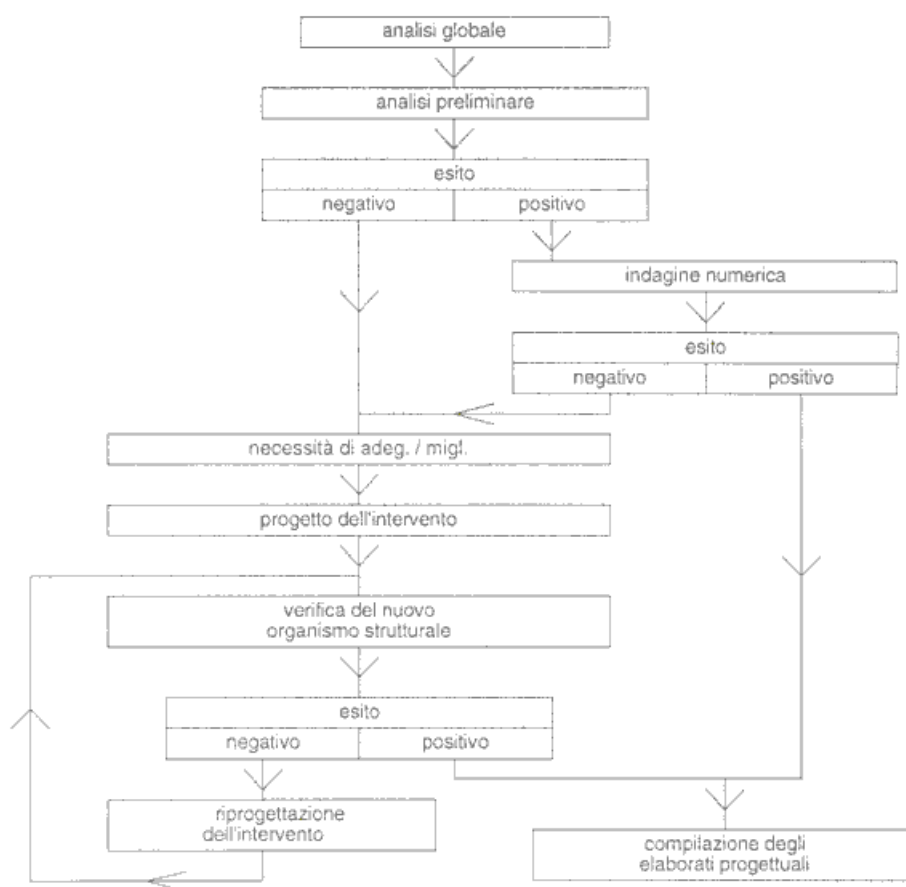


Fig. 12.1 – Iter progettuale (2)

## B) Indagine numerica

L'indagine numerica ha lo scopo di accertare il comportamento spaziale della struttura esistente.

La presenza degli elementi non strutturali, resistenti e non, fa sì che per interpretare il comportamento della struttura debbano essere esaminati differenti schemi statici e precisamente:

- schema I: che corrisponde alla sola struttura progettata (generalmente l'ossatura in c.a. o le murature portanti);
- schema II<sub>A</sub>: che corrisponde alla struttura progettata integrata dagli elementi non strutturali resistenti (e.r.) (nel caso di edifici in c.a.);
- schema II<sub>B</sub>: che corrisponde al precedente con l'aggiunta di tutti gli elementi non strutturali non resistenti (e.n.r.) dotati di rigidità (nel caso di edifici in c.a.).

Nella seguente Tab. 12.2 sono raccolti i possibili esiti delle citate verifiche ed i conseguenti <<provvedimenti di intervento – adeguamento o miglioramento>> (con + si indica l'esito positivo della verifica; con O quello negativo).

Dalle risultanze dei calcoli relativi ai tre schemi statici riportati scaturisce la necessità o meno di eseguire l'intervento, che può consistere in:

1. *Nessun intervento sulla struttura*: il mancato soddisfacimento dello schema statico II<sub>B</sub> (che come detto si traduce generalmente in una verifica di compatibilità degli spostamenti) non implica interventi sulla struttura ma l'adozione di opportuni accorgimenti costruttivi.

2. *Interventi che non implicano variazione dello schema resistente*: quando la presenza degli e.r. fa sì che la struttura possa resistere all'input sismico, se viene garantita la funzione resistente degli e.r., e questi non modificano in modo sostanziale la risposta della struttura, di questi e delle strutture in c.a. il soddisfacimento delle condizioni di sicurezza può ritenersi realizzato.

3. *Interventi che implicano variazione dello schema resistente*: è necessario provvedere ad aumentare la rigidità e la resistenza della costruzione, generalmente inserendovi elementi dotati di scarsa deformabilità quali le pareti in c.a., quando la struttura e/o gli elementi n.r. non sono in grado di resistere alle azioni sismiche.

Tab. 12.2 – Indagine numerica (2)

Schema Statico	Esito della verifica							
	I	○	○	+	+	○	○	+
II <sub>A</sub>	○	○	○	○	+	+	+	+
II <sub>B</sub>	○	+	○	+	+	○	○	+
necessità di intervento	sì				sì		no	
tipo di intervento	intervento che implica variazione dello schema resistente				intervento che non implica variazione dello schema resistente		nessun intervento sulla struttura	

### 12.2.7. CRITERI DI SCELTA PROGETTUALE (C.9.2.4)

“I criteri adottati nella scelta del tipo di intervento devono scaturire da uno studio preliminare dell'organismo edilizio riguardante in particolare:

- le caratteristiche, nella situazione esistente, sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso;
- l'evoluzione storica delle predette caratteristiche con particolare riferimento all'impianto edilizio originario ed alle principali modificazioni intervenute nel tempo;
- l'analisi globale del comportamento strutturale al fine di accertare le cause ed il meccanismo di eventuali dissesti in atto”.

La soluzione progettuale è la sintesi di un processo che ha come operazioni preliminari quelle rivolte alla acquisizione della conoscenza dell'edificio e dell'area in cui insiste, nella situazione attuale.

La conoscenza dello stato di fatto (7) assume importanza decisiva ai fini delle valutazioni sul da farsi che debbono avvalersi di svariati apporti disciplinari, con un livello di specializzazione che dipende dalla importanza del problema e delle singole situazioni.

Le ipotesi di intervento si formulano sulla base di una valutazione a carattere pluridisciplinare nel corso della quale si definiscono i criteri e si individuano le soluzioni progettuali (Tab. 12.3).

Per ogni situazione di degrado o patologia strutturale, le possibili soluzioni sono generalmente più di una, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durevolezza, costo, modalità e tempi di esecuzione.

La scelta della soluzione deve necessariamente avvenire caso per caso, dopo attento esame dei caratteri suddetti, delle condizioni operative, delle conseguenze.

L'analisi costi-benefici deve valutare le variazioni possibili nel rapporto tra i benefici, misurati in termini di incremento della sicurezza, ed i relativi costi.

**Tab. 12.3 – Operazioni progettuali (7)**



Attraverso lo studio preliminare il progettista acquisisce tutti gli elementi indispensabili per poter stabilire i criteri che guideranno le scelte progettuali e che costituiscono la base di una successiva analisi preliminare; detti elementi possono così essere riassunti:

- d) caratteristiche nella situazione attuale sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso;
- e) evoluzione temporale delle predette caratteristiche, con particolare riferimento all'impianto edilizio originario e alle principali modificazioni intervenute;
- f) analisi di dettaglio delle caratteristiche dei singoli componenti strutturali (caratteristiche geometriche, tipologia costruttive, qualità e stato di conservazione degli elementi strutturali e dei materiali);
- g) valutazione della situazione geologica dell'area in cui sorge la costruzione e delle caratteristiche geotecniche locali;
- h) esame della struttura di fondazione e delle eventuali opere di sostegno in prossimità dell'edificio.

#### 12.2.8. PROVVEDIMENTI TECNICI D'INTERVENTO (C.9.3)

*"I provvedimenti tecnici per interventi di adeguamento o di miglioramento antisismico possono ottenersi sia mediante la riduzione degli effetti delle azioni sismiche sia mediante l'aumento della resistenza dell'organismo edilizio, o di sue parti, a tali azioni.*

*Provvedimenti tecnici devono altresì essere adottati per consolidare, e se del caso eliminare, elementi non strutturali il cui eventuale crollo possa causare vittime o danni".*

Le scelte progettuali, siano esse connesse ad un intervento di adeguamento che di miglioramento e condizionate anche dal valore dell'edificio (bene storico e/o monumentale) e dalla sua destinazione d'uso (funzione di tipo strategico), devono prevedere provvedimenti tecnici di intervento che consentano:

- A) l'eliminazione di eventuali dissesti;
- B) organizzazione di uno schema sismoresistente mediante:

- b1) una distribuzione sia in pianta che in altezza degli elementi irrigidenti, tali da rendere l'edificio quanto più possibile "regolare";
- b2) una riduzione degli effetti delle azioni sismiche;
- b3) un aumento della resistenza dell'organismo edilizio, o delle sue parti, alle forze sismiche;
- c1) l'adozione di soluzioni di consolidamento o di eliminazione degli elementi non strutturali dopo averne verificato la compatibilità fra le deformazioni della struttura rispetto a questi.

Nei punti successivi C.9.3.1 (riduzione degli effetti sismici) e C.9.3.2 (aumento della resistenza strutturale) sono riportate alcune indicazioni per dare soluzione alle finalità citate, ribadendo che la scelta dell'intervento è fortemente condizionata dallo STATO DI FATTO di un edificio, e quindi ogni fabbricato rappresenta praticamente un problema singolo, riconducibile agli schemi, soltanto mediante criteri di carattere generale.

### **12.2.9. PROVVEDIMENTI TECNICI DI ADEGUAMENTO O DI MIGLIORAMENTO INTESI A RIDURRE GLI EFFETTI SISMICI (C.9.3.1)**

*"I provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici possono consistere:*

- a) *nella riduzione delle masse non strutturali;*
- b) *altri provvedimenti tendenti a modificare favorevolmente il comportamento d'insieme del sistema edilizio, fra i quali:*
  - *creazione ed adeguamento dei giunti;*
  - *riduzione degli effetti torsionali;*
  - *modifica delle rigidità".*

I provvedimenti tecnici sono validi sia per conseguire l'adeguamento che il miglioramento sismico; ciò dipende non tanto dalla specifica tipologia dell'intervento ma dalla modifica al comportamento strutturale globale dell'edificio che ne consegue.

I provvedimenti tecnici intesi a ridurre gli effetti sismici possono consistere:

- a) *nella riduzione delle masse non strutturali, come ad esempio:*
  - *la ridistribuzione dei carichi portati, spostandoli ai piani bassi dell'edificio (serbatoi, archivi, sale);*
  - *l'eliminazione dei carichi permanenti pesanti, quali ad esempio certe pavimentazioni o i loro massetti, strutture di copertura, pareti divisorie, etc., sostituendoli con materiali più leggeri;*
  - *la denominazione di sopraelevazioni ed ampliamenti per diminuire i carichi ed alleggerire l'edificio, ad esempio qualora sia accertata la mancata integrazione strutturale o l'insorgere di cedimenti.*

Il beneficio di questi interventi sarà maggiorato quanto più interesseranno i piani più alti dell'edificio.

Altri provvedimenti tendenti a modificare favorevolmente il comportamento di insieme del sistema edilizio, consistono:

- b) *nella riduzione degli effetti torsionali, modificando la pianta dell'edificio al fine di eliminare dissimmetrie pianovolumetriche ed avvicinare il centro delle rigidità al centro delle masse.*  
Ciò può avvenire sia:
  - *introducendo nuove pareti o consolidando le esistenti;*
  - *realizzando dei giunti tra edifici contigui;*
  - *dividendo l'edificio in due o più parti;*
  - *eliminando, quanto più possibile, elementi anche strutturali, che possono provocare effetti torsionali sotto l'azione sismica (quali ad esempio, pensiline, balconi, sporgenze, corpi aggettanti etc.);*
  - *aggiungendo nuovi elementi irrigidenti che contrastino la rotazione;*
- c) *nella creazione o nell'adeguamento di giunti di sufficiente ampiezza; questo intervento consente di ottenere contemporaneamente due effetti qualitativamente diversi che devono essere valutati a pieno: si introducono modifiche alla distribuzione in pianta delle rigidità e delle masse, e si fraziona lo schema resistente alle azioni orizzontali;*

d) nella distribuzione delle rigidezze dei setti interni e dei collegamenti verticali quali scale ed ascensori. Per quanto riguarda la ridistribuzione in verticale delle rigidezze è necessario evitare brusche variazioni tali da concentrare il danno su una singola porzione dell'edificio e più in generale tali da ridurre la duttilità complessiva disponibile della costruzione.

Questi provvedimenti sono tali da rendere "regolare" l'edificio, ovvero avvicinare il più possibile per ciascun piano il centro di massa al centro della rigidezza.

Con la dizione "regolarità strutturale" si introduce un concetto essenzialmente intuitivo che chiama in gioco la sensibilità del progettista nei riguardi del comportamento deformativo della struttura.

Un edificio può definirsi regolare quando:

- la pianta è sufficientemente compatta;
- l'insieme degli elementi resistenti che ne costituiscono il sistema strutturale non presenta forti discontinuità lungo l'altezza;
- le masse strutturali sono distribuite con sufficiente uniformità sia in pianta che lungo l'altezza.

L'applicazione di tale definizione, che già comporta qualche problema realizzativo negli edifici di nuova costruzione, sarà ovviamente una condizione ancora più difficile da raggiungere per gli edifici esistenti.

Un edificio a pianta compatta, simmetrica rispetto ad una coppia di assi ortogonali e senza discontinuità di rigidezza nella verticale è "regolare".

La regolarità in pianta di un edificio sussiste quando l'azione sismica induce prevalentemente traslazionali essendo trascurabili i moti torcenti.

La regolarizzazione in pianta della distribuzione degli elementi resistenti deve tendere sostanzialmente a limitare gli effetti di azioni torcenti che possono provocare anche reazioni disuniformi su alcune masse giacenti sul medesimo piano.

La regolarizzazione in altezza di elementi resistenti deve tendere ad eliminare o ridurre le variazioni di rigidezza tra un elemento e l'altro.

#### **12.2.10. PROVVEDIMENTI TECNICI DI ADEGUAMENTO INTESI AD AUMENTARE LA RESISTENZA STRUTTURALE (C.9.3.2)**

*"I provvedimenti tecnici di adeguamento sismico intesi ad aumentare la resistenza delle strutture consistono sia nell'aumentare la resistenza di alcuni o di tutti gli elementi costituenti il sistema strutturale esistente, sia nell'inserimento di nuovi elementi o sistemi strutturali collaboranti con quelli esistenti.*

*I provvedimenti tecnici di miglioramento antisismico sono indicati al successivo punto C.9.8. Possono usarsi anche tecniche d'intervento non ivi esplicitamente menzionate, purché risultino, sulla base di adeguate documentazioni, di eguale efficacia".*

Nel caso dell'aumento della resistenza strutturale, diversamente dal precedente provvedimento tecnico, si distinguono gli interventi di adeguamento da quelli di miglioramento.

Per gli interventi di adeguamento, i provvedimenti tecnici possono consistere:

- \* nell'aumentare la distanza di alcuni o di tutti gli elementi costituenti il sistema strutturale esistente;
- \* nell'inserimento di nuovi elementi o sistemi strutturali collaboranti con quelli esistenti.

Per gli interventi di miglioramento si rimanda a tutti quelli descritti al successivo punto C.9.8 (interventi tecnici di miglioramento) con la possibilità di utilizzare anche altre tipologie, opportunamente dimostrate e che risultino di pari efficacia.

### 12.2.11. PROVVEDIMENTI TECNICI IN FONDAZIONE NEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO (C.9.3.3)

Le prescrizioni sono rivolte solo agli interventi di adeguamento sismico e non a quelli di miglioramento, confermando per questi un contesto limitato, tale da non comportare variazioni delle pressioni di contatto edificio-terreno.

Il criterio generale per gli interventi in fondazione pare quello di rispettare, dopo l'adeguamento sismico, le prescrizioni fissate con lo stesso decreto per le fondazioni degli edifici di nuova costruzione.

Il D.M. 11.3.1988 costituisce il riferimento normativo per le fasi di analisi, indagini, verifica e progettazione.

Per le verifiche, in particolare, si specifica che deve essere applicata una riduzione del 20% ai coefficienti di sicurezza prescritti nel D.M. dell'88, al fine di tener conto, in qualche modo, che la metodologia seguita per affrontare le verifiche relative al terreno è del tutto analoga a quella che si utilizzerebbe nel caso di edifici nuovi e quindi assolutamente indipendente dai materiali impiegati nella costruzione.

Nel caso di edifici realizzati su un pendio, o in prossimità di pendii naturali o artificiali, la sicurezza della struttura dipende direttamente dal grado di sicurezza del pendio nei riguardi dei meccanismi di collasso che potrebbero svilupparsi con lo scorrimento di rilevanti porzioni di terreno; i criteri per l'accertamento del grado di stabilità del pendio naturale sono quelli indicati al punto G del D.M. dell'88, nel quale sono affrontati gli accertamenti di carattere generale (G.2.1), le indagini specifiche (G.2.2), i calcoli di stabilità (G.2.3) e gli interventi (G.2.4).

Devono essere valutati anche gli aspetti legati ad una possibile liquefazione dei terreni, anche se di tale fenomeno e dei criteri di verifica risulta poco indicativo il citato D.M. dell'88.

Se emergono situazioni di instabilità per questi ultimi due casi, la normativa sismica chiede di provvedere ad interventi di stabilizzazione dell'area, prima di procedere all'intervento sull'edificio.

La valutazione del sistema di fondazione quale interfaccia tra strutture e terreno, è posto con grande rilievo nel momento progettuale, e ciò ancor più evidente nell'esaminare, con quante cautele si consente di derogare da possibili interventi.

La decisione è affidata al giudizio ed alla responsabilità del progettista dell'intervento (più che ai dati e certificati anche oggettivi forniti da altri professionisti).

La possibilità di non eseguire interventi in fondazione è vincolata al verificarsi delle seguenti condizioni:

- a) nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia accertato che dissesti della stessa natura non siano prodotti neppure in precedenza;*
- b) gli interventi di adeguamento non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;*
- c) gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;*
- d) siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche valutate assumendo  $\beta = 2$ .*

Risulta pertanto difficile, e forse inopportuno, non eseguire un intervento in fondazione; il progettista dovrà dimostrare perché, nella situazione in esame ed in assenza di interventi in fondazione, ha comunque ritenuto soddisfacente quel livello di sicurezza.

In edifici storici, che abbiano subito nella loro vita un evento sismico e che presentino ancora oggi sostanzialmente integro l'assetto strutturale, può risultare più apprezzabile dal progettista un accertamento così complesso, anche se l'esperienza e la capacità professionale incidono in modo sostanziale nel giudizio.

Le progettazioni finiscono così, il più delle volte, con soluzioni eccessivamente cautelative, che prevedono comunque interventi. Di norma si ricorre ad un intervento di incatenamento perimetrale, mediante la realizzazione di cordoli su entrambi i lati della muratura di fondazione, collegati fra loro attraverso scassi della fondazione, oppure si ricorre a cortine di micropali con l'intento di riportare i carichi in profondità.

#### **12.2.12. GIUNTI TECNICI TRA EDIFICI CONTIGUI PER INTERVENTI DI ADEGUAMENTO (C.9.3.4)**

*“C.9.3.4 Giunti tecnici tra edifici contigui per interventi di adeguamento.*

*Nel caso di giunti non dimensionali in conformità al punto C.4 si deve provvedere, in generale, al loro adeguamento.*

*In alternativa si può intervenire:*

- *o inserendo elementi di protezione al martellamento;*
- *oppure eliminando il giunto mediante il collegamento delle strutture da esso separate. In tale caso si deve tenere conto di tale nuovo accoppiamento nella verifica dell'edificio.*

*Qualora l'adeguamento delle dimensioni del giunto risulti tecnicamente molto complesso o particolarmente oneroso, è consentito di non effettuare l'adeguamento nei seguenti casi:*

- a) *il calcolo delle deformazioni relative fra i due corpi di fabbrica, svolto secondo i criteri indicati al punto C.6.3 ma dividendo gli spostamenti sismici  $\eta_d$  per un fattore, pari a 6 nel caso degli edifici in muratura, e pari a 3 per gli altri tipi di strutture, assicuri la mancanza di effetti di martellamento;*
- b) *edifici contigui, entrambi in muratura ordinaria ed aventi altezze che rientrino nei limiti di cui al punto C.2”.*

Gli edifici contigui, ovvero i corpi di fabbrica indipendenti che costituiscono un dato complesso edilizio, dovrebbero in condizioni ordinarie essere separati da giunti, affinché ciascuno possa vibrare con il suo periodo, senza che in opposizione di fase gli edifici si urtino tra loro. La questione assume importanza, oltre che per i centri storici, anche per gli edifici più recenti che caratterizzano le zone esterne a tali centri e le periferie. Lo sviluppo edilizio, spesso disorganico, ha fatto sì che risultino costruiti in adiacenza o in aderenza fra loro edifici con diverse tipologie strutturali - muratura e cemento armato -, con irregolari distribuzioni planovolumetriche nelle zone di contatto.

La situazione assume rilievo e consistenza per le questioni che possono determinarsi in caso di evento sismico, in quanto gran parte dello sviluppo edilizio tra gli anni '60 - '80 è avvenuto in territori non classificati sismici, e dunque senza l'osservanza di specifiche regole e criteri di progettazione.

Peraltro si è potuto osservare (10) che, anche in zona sismica, il rispetto in fase esecutiva della distanza tra edifici, non è stato sempre osservato. In molti casi la mancata realizzazione dei giunti è totale, avendo costruito il secondo edificio in aderenza al primo, in altri casi si può parlare di “falsi giunti”, in quanto, nonostante siano stati previsti nel progetto, questi sono stati poi almeno parzialmente eliminati a causa di una scorretta esecuzione (ferri passanti tra i solai, solidarietà di getti, interposizione di materiale non idoneo a consentire gli spostamenti relativi, etc).

I giunti imperfetti portano, in fase dinamica, ad un comportamento delle strutture non conforme alle previsioni progettuali-teoriche (laddove era stata espressamente prevista una distanza dall'edificio esistente), con conseguenze estremamente nocive qualora possano generarsi azioni torsionali che la disposizione dei giunti in sede di progetto tendeva giustamente ad eliminare.

Ammesso quindi che i giunti siano operanti bisogna ancora accertarsi, attraverso una corretta valutazione dell'entità prevedibile degli spostamenti relativi (tenendo anche conto, nel caso dei terremoti più violenti del comportamento non lineare delle strutture), che gli spostamenti stessi siano liberamente consentiti.

Le soluzioni che la norma prevede sono assai diverse tra loro per le diverse situazioni che devono essere affrontate operando in un contesto edilizio così complesso.

Le indicazioni sono quindi di tipo prestazionale, senza espressamente prevedere prescrizioni tecniche specifiche. Si privilegia comunque la soluzione che ripristina il giunto e la distanza richiesta per le nuove costruzioni, attraverso interventi quali la costruzione, parallelamente al giunto, di un muro in adiacenza nel caso di edificio in muratura o di un telaio nel caso di edificio in c.a., sul quale andrà collegato il solaio. Si dovrà inoltre realizzare un cordolo di fondazione, ben collegato alla fondazione esistente quale appoggio de nuovo muro o telaio.

In alternativa, la norma consente l'inserimento di elementi di protezione al martellamento mediante l'introduzione di vincoli elastici, che forniscono un accoppiamento morbido tra le strutture contigue o, meglio ancora, di vincoli elasto-viscosi, oppure ad attrito, che consentono una certa dissipazione di energia.

Condizione essenziale per la fattibilità dell'intervento è uno spazio sufficiente che consenta l'inserimento degli elementi di protezione nella misura stabilita dal progetto di intervento.

Infine si può addirittura prevedere il collegamento tra i due edifici, purché siano soddisfatte tutte le verifiche previste.

### **12.2.13. AGGETTI VERTICALI (C.9.3.5)**

Gli elementi verticali, quali comignoli, torrini, parapetti, etc., sono caratterizzati da uno schema di comportamento a mensola verticale e quindi gli interventi dovranno tendere a garantire un adeguato grado di incastro con la struttura principale, ed un'adeguata resistenza flessionale, attraverso ancoraggi con iniezioni armate, barre e piastre di ancoraggio, placcaggi in c.a..

### **12.3. COMMENTI E MIGLIORAMENTI POSSIBILI**

L'emanazione del DM 19.1.96 a una distanza di dieci anni dal precedente DM 24.1.86, non ha purtroppo introdotto quelle necessarie ed attese integrazioni e modifiche, ai criteri ed alle prescrizioni per gli interventi sugli edifici esistenti di cui al Punto C.9.0.

Di grande rilievo l'unica modifica introdotta al Punto C.9.0 (fatta salva l'altra che riguarda la soppressione della lett.e, al punto C.9.1.1), che va nella direzione auspicata di una maggiore attenzione nel prescrivere tipologie di interventi con tecniche e materiali diversi da quelli originari, senza tenere conto delle specificità strutturali e dei lineamenti architettonici ed artistici dell'edificio.

L'attenzione è ancora rivolta agli edifici monumentali, per i quali probabilmente non sono state sufficienti le garanzie previste dall'art.16 della L.64/74 Circolari emanate dal Ministero dei Beni Culturali.

Con il D.M. 16.01.96 si individua nell'intervento di miglioramento sismico quello più consono per gli edifici monumentali, al fine di poter introdurre livelli di maggior sicurezza difficilmente quantificabili vista l'inaffidabilità delle conoscenze.

E' già pronto un altro Decreto specifico, predisposto dal Ministero per i Beni Culturali ed attualmente in consultazione, nel quale si sviluppano i criteri guida per la salvaguardia del patrimonio monumentale in zone sismiche e si pongono precise limitazioni concettuali ed operative agli interventi. Anche se gli interventi devono rispondere alla logica del miglioramento sismico, si prevede anche il ricorso, in situazioni circoscritte, a limitati interventi di adeguamento.

Dalla lettura delle Circolari e della bozza del nuovo decreto sono riscontrabili logiche e criteri di analisi e di verifica per operare la scelta della soluzione progettuale, sono espresse cautele e raccomandazioni per l'utilizzo di tecniche d'intervento e di materiali che sono pertinenti all'applicazione anche negli edifici dei centri storici, ma che al momento non trovano il necessario supporto normativo.

Relativamente agli edifici in muratura, la normativa sismica dovrebbe privilegiare infatti la possibilità di utilizzare le tecniche e le tecnologie impiegate nel passato; non deve invece, a causa di rigidità formali e trasferimenti impropri, costituire ostacolo all'applicazione dei concetti di manutenzione. Le tipologie di intervento, spesso rese rigidamente prescrittive, non consentono adattamenti alla notevole varietà di tipologie e materiali che caratterizzano il patrimonio edilizio storico in muratura.

Altro aspetto, che non trova ancora soluzione, è il riferimento della norma al concetto di edificio, al quale si riferisce per individuare la soglia di sicurezza, le verifiche formali, numeriche e così via, nell'ambito delle quali si definiscono le carenze e le soluzioni progettuali.

Tale approccio è certamente logico sotto il profilo tecnico-scientifico ma è capace di cogliere e rappresentare solo una modesta parte degli interventi sugli edifici esistenti. Sono infatti limitate quelle situazioni ove l'intero edificio appartiene ad un singolo proprietario. È più facile invece, anche nei centri di piccole dimensioni, individuare edifici suddivisi in più unità immobiliari, ciascuna con un suo proprietario. Ne consegue che gli interventi che i privati effettuano sono spesso disorganici e facilmente si limitano alla singola unità immobiliare, che può trovarsi ad uno dei piani dell'edificio ed in una certa disposizione in pianta del medesimo.

In questi casi, anche la norma del miglioramento come "*esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali*", rischia di perdere significato.

Relativamente agli edifici in muratura, la normativa sismica dovrebbe privilegiare una sorta di anagrafe dei medesimi quando si tratta di edifici "condominali", affinché i vari progettisti che nel tempo saranno chiamati da proprietari diversi possano valutare gli interventi già eseguiti ed avere chiara la situazione generale di tutto l'edificio; la questione è valida sia per gli interventi di miglioramento che per quelli di adeguamento. Infatti è piuttosto comune che nell'arco della sua storia l'edificio sia interessato da interventi anche abbastanza diversi tra di loro, dipendentemente dalle esigenze dei nuovi proprietari e per le variazioni del sistema di vita.

Tali modifiche, ancorché limitate e di modesto rilievo se prese come singole, possono, nel loro insieme, comportare modifiche significative al comportamento globale dell'edificio.

A tale proposito si fa rilevare con quanta e quale incertezza il progettista e i tecnici degli uffici preposti al controllo dei progetti possano valutare quali sono quegli interventi che, eseguiti soltanto su un'entità immobiliare, sono tali da comportare solo una modifica da quelli che invece producono una *sostanziale* modifica del comportamento, operando in un contesto (l'edificio storico in muratura di pietrame o mattoni) in cui sono già di per sé rilevanti le incertezze scientifiche e tecniche, per la valutazione delle quali la stessa normativa fornisce spesso evidenti semplificazioni in difetto o in eccesso.

Il problema, tutt'altro che facile, delle aggregazioni di edifici, è trattato al punto C.9.10 non in termini di possibili interazioni tra strutture, ma con la raccomandazione che gli interventi previsti non arrechino danni agli altri edifici.

Anche gli interventi sugli edifici esistenti risentiranno della modifica introdotta al punto C.3 relativamente ai nuovi criteri di calcolo dell'altezza degli edifici in funzione della larghezza stradale. Questi sono più restrittivi di quelli contenuti nei decreti precedenti e la permanente difficoltà di interpretazione dei termini (sede stradale, ciglio, area di uso pubblico aperta a...) e la loro adattabilità al contesto edilizio, comporterà una riduzione delle possibilità di effettuare interventi di recupero edilizio.

Ciò si verifica soprattutto nei tessuti storici caratterizzati da strade strette ove tale normativa rischia di bloccare una riqualificazione edilizia volta a riappropriarsi e rivitalizzare tali centri e dunque a non abbandonarli ad un degrado tale da aumentare il rischio sismico attuale.

Più in generale sarebbe opportuno che gli interventi sui centri storici siano valutati in sede di formazione degli strumenti urbanistici, fornendo attenzione anche al rischio sismico. Al fine di evitare forme di abusivismo o di abbandono del patrimonio edilizio, laddove necessario, sarebbe forse opportuno concedere una deroga all'osservanza delle norme tecniche per quanto previsto all'art. 12 della L.64/74.

## 12.4. ESEMPI DI APPLICAZIONE

Di seguito si riporta una parte delle D.2. Istruzioni Tecniche per la redazione del progetto, emanate nel 1990 per gli interventi di adeguamento preventivo degli edifici pubblici in Garfagnana e Lunigiana e tutt'ora applicate per gli interventi di riparazione dei danni e di miglioramento sismico, a seguito dell'evento sismico che il 10.10.95 ha colpito la Lunigiana. La numerazione dei capitoli e sottocapitoli è stata mantenuta secondo l'originaria sequenza, con l'accorgimento di evidenziarla in corsivo per distinguerla dal presente capitolo.

### 12.4.1. ELABORATI E STATO DEL PROGETTO DI ADEGUAMENTO

#### *1.0* – Elaborati del progetto di adeguamento

In relazione allo stato di fatto dell'edificio, se si rende necessaria l'esecuzione di un complesso di opere per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche di cui alla vigente normativa, la documentazione da presentare sarà la seguente:

il progetto di un intervento di ADEGUAMENTO è composto dai seguenti elaborati:

- A) Elaborati Generali
  - a) Relazione tecnica Generale;
- B) Elaborati dello Stato di fatto
  - b) Documentazione Fotografica;
  - c) Tavole Grafiche di Rilievo;
  - d) Relazione di Calcolo;
- C) Elaborati dello Stato di Progetto
  - e) Tavole Grafiche del Progetto;
  - f) Relazione di Calcolo;
  - g) Elaborati Economici

Ai sensi del citato 4° comma del punto C.9.2.1, qualora in relazione allo stato di fatto dell'edificio e sulla base degli accertamenti e delle verifiche eseguite, risulti che non occorrono provvedimenti di adeguamento, la documentazione da presentare sarà quella indicata in **A)** e in **B)**.

*1.0.1.* – Contenuti del progetto di adeguamento di costruzioni o di interventi su edifici esistenti, progettati tenendo conto delle azioni sismiche.

Nei casi in cui gli edifici siano stati progettati in accordo con la L.64/74 e con i Decreti Ministeriali attuativi del 03.03.75, del 19.06.84 (con il quale è stato introdotto l'indice di Importanza) e del 24.01.86 (con il quale è stata prevista la possibilità di realizzare costruzioni in muratura sostituendo le verifiche strutturali a prestazioni dimensionali di cui al punto C.5 e si introducono i concetti di adeguamento e miglioramento sismico al punto C.9), dopo aver proceduto alla acquisizione del progetto, si deve verificare la rispondenza tra il costruito e quanto in progetto.

Per verificare tale rispondenza si eseguono le seguenti operazioni:

#### Elaborati grafici

- a) verifica, per tutti i piani dell'edificio, delle caratteristiche dimensionali dell'edificio, degli elementi strutturali e di quelli NON strutturali;
- b) verifica delle destinazioni d'uso dei locali;

### Elaborati di calcolo

- c) verifica delle caratteristiche dei materiali impiegati;
- d) verifica che i coefficienti di calcolo assunti nel progetto originario siano conformi alla legge vigente, ponendo particolare attenzione al coefficiente di protezione sismica I; nel caso contrario si procede ad una nuova verifica;
- e) verifica che il modello strutturale assunto nel progetto sia congruente con quanto realizzato; in caso contrario, sulla base di un nuovo rilievo geometrico, si procede ad una nuova modellazione e verifica;
- f) verifica che la modellazione adottata sia compatibile con lo schema strutturale e che i risultati siano affidabili; in caso contrario si procede ad utilizzare un diverso modello di calcolo con il quale si eseguiranno le verifiche;
- g) verifica che i dimensionamenti strutturali siano stati correttamente eseguiti; in caso contrario si produrranno le calcolazioni corrette.

### *1.1. – Relazione tecnica generale*

La relazione tecnica generale dovrà fornire, in maniera proporzionale all'entità dell'intervento, le spiegazioni utili alla corretta interpretazione della documentazione relativa allo stato di fatto (condizioni attuali di sicurezza dell'edificio), all'esplicitazione del grado di sicurezza raggiunto con gli interventi previsti in progetto mediante l'illustrazione dei criteri di scelta progettuale e la motivazione delle proposte progettuali in relazione ai benefici strutturali attesi ed ai costi da sostenere.

L'articolazione dovrà almeno contenere quanto descritto nei successivi paragrafi.

#### *1.1.1 Descrizione della tipologia strutturale e storico-costruttiva dell'edificio.*

Con i necessari riferimenti agli elaborati grafici dello stato di fatto, saranno descritti:

- a) i rapporti dell'Unità immobiliare interessata dall'intervento con l'edificio o, nel caso, con l'aggregato strutturale di cui fa parte;
- b) l'identificazione dello schema strutturale originario e delle sue eventuali modificazioni storiche, con particolare riguardo a quelle realizzate in tempi recenti;
- c) l'identificazione dei principali elementi costruttivi e la descrizione dei materiali;
- d) l'evoluzione storica dell'edificio anche in relazione all'uso, e le trasformazioni d'uso dei calcoli o delle porzioni del fabbricato;
- e) l'individuazione di vincoli architettonici e/o urbanistici che condizionano le modalità di intervento ed esecuzione;
- f) gli estremi della Licenza o Concessione edilizia, dell'autorizzazione del Genio Civile, i certificati della Direzione dei Lavori e Collaudo, per gli edifici di recente realizzazione o per i casi previsti al precedente punto b).

nel caso di edifici contigui e privi di giunti conformi, la descrizione deve essere estesa ad un adeguato intorno e tale da fornire le informazioni necessarie alle operazioni progettuali.

#### *1.1.2 Descrizione dello stato di fatto statico-strutturale*

Lo stato di fatto può essere accertato con analisi a diversi livelli di approfondimento, cui corrispondono diversi livelli di costo. Le operazioni per acquisire la conoscenza dello stato di fatto, a livello di approfondimento scelto, si articolano secondo lo schema qui di seguito riportato.

La descrizione risulterà da una relazione del rilievo dello stato di fatto, e dalla documentazione fotografica prodotta.

In particolare la relazione evidenzierà i seguenti punti.

- a) Indagini sugli elementi strutturali dell'edificio e sui materiali. La scelta del tipo delle prove da eseguire sarà guidata da una giustificata analisi di carattere economico. Qualora non emergano motivi specifici di perplessità nelle caratteristiche strutturali, è sufficiente un'indagine visiva accurata, avallata anche da saggi e

- prove in sito, scelte tra quelle di minore costo e laboriosità, oltre ad un'adeguata documentazione fotografica.
- b) Valutazione degli elementi non strutturali, siano essi resistenti o non resistenti.
  - c) Analisi ed interpretazione del quadro fessurativo, con particolare attenzione alle lesioni che indichino dissesti strutturali o assestamenti e cedimenti delle fondazioni.
  - d) esame diretto dell'edificio, riportando le osservazioni relative alla verifica e controllo delle seguenti categorie di base, determinanti il comportamento sismico degli edifici in muratura:
    - 1 – funzionamento scatolare del complesso
    - 2 – resistenza delle pareti;
    - 3 – efficienza dei diaframmi relativamente al trasferimento delle azioni sismiche;
    - 4 – stabilità del complesso edificio-terreno;
    - 5 – comportamenti “locali” (non riguardanti il comportamento sismico vero e proprio, quali il comportamento degli elementi non strutturali, la stabilità dei solai ai carichi verticali).

In particolare, per ciascuna delle categorie di comportamento come sopra individuate, sarà da indicare:

- 1 – lo stato di fatto dell'edificio per quanto concerne la valutazione della categoria di comportamento in esame;
- 2 – le eventuali carenze riscontrate per un comportamento soddisfacente dell'edificio;
- 3 – la verifica strutturale.

Gli elementi per le decisioni sul livello di Approfondimento più opportuno sono i seguenti:		Operazioni per la conoscenza dello stato di fatto	
( a )	La destinazione dell'edificio;	( a )	Esame diretto dell'edificio;
( b )	La complessità dell'edificio;	( b )	Rilievo geometrico;
)	Il valore storico – artistico dell'edificio;	( c )	Identificazione degli elementi strutturali;
( c )	L'evidenza di degrado e patologie strutturali;	( d )	Identificazione dei materiali;
( d )	L'evidenza di patologie geotecniche;	( e )	Identificazione dei collegamenti;
	La tipologia d'intervento	( f )	Identificazione di degrado e dissesti;
( e )	(Adeguamento/Miglioramento)	( g )	Identificazione di giunti e discontinuità strutturali;
( f )			Rilievo critico;
		( h )	Indagine storica;
		( i )	Individuazione di schemi strutturali attuali e
		( l )	pregressi;
			Indagini sulle fondazioni e sui terreni;
		( m )	Indagini su elementi strutturali e materiali;
		( n )	Verifica strutturale nella situazione attuale e
		( o )	sintesi;
			Esame della documentazione esistente.
		( p )	

### 1.1.3 – Descrizione tecnica dell'intervento progettuale

sulla base di quanto evidenziato ai punti precedenti, e per ciascuna delle categorie di base del comportamento sismico, si descriveranno gli interventi progettuali indicando le motivazioni tecniche e i risultati che esso si ripromette per la riduzione del grado di vulnerabilità.

Si farà sempre riferimento alla documentazione fotografica prodotta, e, quando necessario, si potrà far riferimento alla relazione di calcolo.

Andranno richiamati i provvedimenti assunti ai sensi del secondo comma del punto C.9.3 del D.M. 9.1.86, per consolidare e, se del caso, eliminare elementi non strutturali il cui eventuale crollo può causare vittime e danni.

## 1.2 – Elaborati dello stato di fatto

Lo scopo che si persegue è quello di identificare nel più corretto e completo dei modi l'edificio, con particolare riferimento a quegli elementi, strutturali e non, che sono in relazione con la categoria di comportamento sismico così come individuate al punto 1.1.2 d), e valutare lo stato attuale del complesso e di ogni sua parte nei confronti delle azioni di progetto.

### 1.2.1 – Documentazione fotografica

Sarà fornita documentazione fotografica, costituita da fotografie a colori di formato non inferiore a cm 10 x 15, che dovrà rappresentare lo stato di fatto dell'edificio, e in particolare illustrerà nel dettaglio le situazioni che il progettista riterrà significative; permetterà inoltre il riscontro della rispondenza tra la fase esecutiva e le indicazioni progettuali; sarà quindi completa e dettagliata e comprenderà tutte le fasi salienti degli interventi sulle strutture, con particolare attenzione ai dettagli esecutivi.

La documentazione sarà prodotta in originale e due fotocopie di buona qualità.

Le fotografie saranno numerate e per ciascuna di esse dovrà risultare in modo univoco l'individuazione dell'oggetto cui si riferiscono, la sua ubicazione, ricorrendo eventualmente all'ausilio di planimetrie od estratti planimetrici; il punto di presa di ciascuna foto ed il suo numero saranno sempre riportati sulle piante strutturali.

### 1.2.2 – Elaborati grafici di rilievo

Gli elaborati grafici saranno costruiti sul rilievo in situ dell'organismo strutturale.

Saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- ◆ - ARCHITETTONICI
- - STRUTTURALI
- - IMPIANTISTICI

Gli elaborati dovranno evidenziare:

- il rilievo delle caratteristiche geometriche dell'edificio, riportando le misure e le quote;
- le tipologie costruttive degli elementi non strutturali;
- il tipo e qualità dei materiali impiegati, con riferimento alle indagini e prove di cui al precedente punto 1.1.2;
- il tipo dei collegamenti tra gli elementi strutturali, e tra questi e quelli non strutturali;
- le indicazioni e il tipo dei principali dissesti e lesioni, con particolare attenzione alle strutture fondali;
- le annotazioni sugli elementi di finitura da conservare, specie se richiedono particolari cautele operative;
- le principali trasformazioni subite dall'edificio nel tempo (rilievo critico).

Si farà sempre riferimento nella descrizione alla simbologia riportata nella legenda.

Il rilievo sarà, in linea massima, rappresentato in scala 1:50; i particolari saranno invece in scala 1:10 o 1:20.

Nel caso fosse disponibile il progetto originale, si veda quanto previsto al precedente punto 1.0.1 ed al successivo punto 1.2.3.1.

◆ A – Gli Elaborati ARCHITETTONICI comprendono le seguenti tavole:

- a) Piante: di tutti i piani;
- b) Sezioni: almeno due;
- c) Prospetti.

Le destinazioni d'uso dei locali, le misure e le quote del rilievo geometrico sono riportate negli elaborati architettonici.

■ B – Gli Elaborati STRUTTURALI, basati sul rilievo geometrico riportato negli Elaborati Architettonici, sono di fatto gli Elaborati fondamentali sui quali si fondano i ragionamenti e le valutazioni; sono costituiti dalle seguenti tavole:

- a) Piante

Saranno riportate l'indicazione dei vari tipi di lesioni, degradi, tipologie murarie ed eventuali interventi di consolidamento o elementi di rinforzo presenti ai vari piani, compresa la copertura e le fondazioni. La pianta di ogni piano deve illustrare e documentare l'orditura dei solai e le posizioni delle principali travature. La pianta della copertura deve illustrare e documentare la natura e l'orientamento della grossa e piccola orditura e del manto di copertura.

Su ogni pianta, per ciascun locale, dovranno essere indicati:

- la numerazione progressiva di ciascun vano con riferimento a quanto indicato nella legenda allegata;
- la quota di pavimento, anche qualora non si diversifichi da quella dei vani contigui comunicanti, sarà riferita al piano di marciapiede assunto come riferimento;
- tutti quegli elementi strutturali connessi con le categorie di comportamento sismico ed in particolare per gli edifici in muratura: cordoli, catene e ogni altro elemento di rinforzo; eventuali precedenti interventi di consolidamento; ammorsamenti tra le pareti in corrispondenza delle intersezioni; tipologia a qualità delle murature, tipologia dei diaframmi orizzontali in riferimento all'efficienza nella ripartizione delle azioni sismiche di piano tra gli elementi sismoresistenti.

Negli elaborati di rilievo dovranno essere chiaramente rappresentati tutti gli elementi significativi strutturali, arricchendo la descrizione, ove occorra, con brevi note esplicative.

E' raccomandato l'uso di una grafia tale da non compromettere, anche nel caso di eventuali velature, la leggibilità.

#### b) Sezioni

Saranno in numero di almeno due, una o più delle quali longitudinale alla scala (o una per ciascuna scala, se ve ne sono più d'una); saranno comunque prodotte tutte quelle significative e necessarie ad un corretto esame del progetto.

#### c) Particolari architettonici e costruttivi – scala 1:10 o 1:20

Con chiaro riferimento alla rappresentazione planimetrica strutturale di cui sopra, ed alla legenda, saranno rappresentati in particolare i collegamenti di tutti gli orizzontamenti (compresa la copertura) con le murature sottostanti, le scale, gli ammorsamenti murari etc., e comunque tutti i dettagli costruttivi ritenuti significativi per il comportamento strutturale dell'insieme e di ogni sua singola parte.

#### • C – Gli Elaborati degli IMPIANTI TECNICI comprendono:

Planimetrie e sezioni degli impianti tecnologici, comprendenti i principali schemi di distribuzione, i più importanti passaggi orizzontali e verticali nelle murature portanti o di controvento, e nei solai (canne fumarie, tubazioni del riscaldamento, scarichi e adduzioni idriche, condotte elettriche, etc.) e nelle cassettature esterne.

#### 1.2.2.1 – Elaborati grafici di edifici o interventi edilizi progettati tenendo conto delle azioni sismiche

Qualora l'edificio sia stato progettato tenendo conto delle azioni sismiche, e le verifiche di cui ai capi a) e b) del citato punto 3.1.1 diano esito positivo, non è necessario effettuare il rilievo dello stato di fatto, e potranno essere prodotte copie "rosse" (sempreché leggibili in ogni loro parte) degli elaborati del progetto originario e delle eventuali varianti. Qualora invece si rilevino modeste difformità che siano localizzate in poche zone dell'edificio, si dovrà procedere al rilievo delle situazioni difformi; la graficizzazione di tale rilievo, da effettuarsi nelle stesse scale degli elaborati di riferimento, integrerà la documentazione prodotta in copia rossa, in cui saranno segnalate le zone difformemente eseguite, che saranno prodotte come tavole del rilievo eseguito.

Il progettista deciderà, in presenza di varianti o difformità al progetto, l'opportunità di procedere comunque alla presentazione degli elaborati grafici secondo quanto previsto al precedente punto 1.2.2.

#### 1.2.3 – Relazioni di calcolo

Nel caso che i calcoli di verifica siano svolti mediante elaborazione elettronica, la relazione dovrà fornire gli elementi necessari per una agevole e corretta interpretazione dei tabulati meccanografici (nel caso di edifici in

muratura, la numerazione ed il posizionamento dei maschi murari, etc.) con una rappresentazione grafica degli schemi adottati.

Dovrà essere indicato il software impiegato e relativa versione, specificando le caratteristiche d'uso.

Dovranno essere forniti su dischetto magnetico i files dati di input e quelli di output.

La stampa dei dati di input e di output dovrà essere chiaramente leggibile, specificando simbologia, unità di misura, convenzioni relative ai segni delle grandezze vettoriali (caratteristiche di sollecitazione, azioni esterne, spostamenti); saranno indicati chiaramente gli algoritmi di calcolo utilizzati e fornita la rappresentazione grafica completa della discretizzazione delle strutture.

Occorrerà inoltre eseguire controlli dei risultati ottenuti mediante verifiche con procedimenti semplici anche se approssimati.

#### A) Strutture in elevazione

Il fascicolo dei calcoli conterrà:

- a) illustrazione della modellazione adottata per l'organismo strutturale, risultante dalle indagini, dai saggi e dai rilievi eseguiti, corredata da rappresentazioni grafiche delle schematizzazioni assunte;
- b) analisi dei carichi e sviluppo dei calcoli per la determinazione delle azioni di progetto definite da normativa; esplicitazione dei coefficienti di legge prescritti per le verifiche sismiche;
- c) descrizione dei metodi di calcolo adottati e degli algoritmi utilizzati, con considerazioni sul rispetto delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) verifiche delle strutture in elevazione per le combinazioni di carico più gravose.

Per gli edifici inseriti in complessi edilizi, valgono sempre le prescrizioni dettate ai precedenti punti, concernenti giunti e contatti tra edifici contigui.

Nel caso di verifica di edifici in **muratura** con il metodo denominato POR, o con altri metodi:

- a) una pianta con indicazione delle dimensioni dei singoli setti e delle relative coordinate cartesiane rispetto al sistema di riferimento assunto;
- b) una adeguata giustificazione delle resistenze caratteristiche adottate per le murature;
- c) l'esplicitazione in output dei coefficienti di sicurezza e dei valori di resistenza, sia in campo elastico sia al limite ultimo, considerando trascurabile la rigidità delle pareti per deformazione ortogonale al loro piano;
- d) la verifica dei maschi per azioni ortogonali al loro piano e quella dei maschi snelli per pressoflessione retta.

#### B) Fondazioni

La caratterizzazione del terreno di fondazione dovrà essere basata sui dati delle valutazioni contenute nella relazione geologico-tecnica; dovranno essere adeguatamente motivate le schematizzazioni del complesso fondale in relazione alla struttura d'elevazione. Dovranno essere forniti:

- a) l'illustrazione e la documentazione dello stato di fatto, con descrizione della tipologia delle fondazioni esistenti, corredata da indicazioni dimensionali, dello stato di conservazione e di eventuali dissesti del fabbricato collegabili alla situazione delle fondazioni;
- b) una planimetria in scala ridotta delle strutture di fondazione, con la numerazione utilizzata nella verifica dei singoli elementi;
- c) la valutazione dell'interazione terreno-struttura;
- d) la valutazione delle eventuali interferenze con altre opere e strutture adiacenti;
- e) la descrizione dei metodi di calcolo adottati e degli algoritmi utilizzati, con considerazioni sul rispetto delle ipotesi alla base di tali metodi;
- f) la descrizione delle condizioni di carico analizzate;
- g) la descrizione della schematizzazione del terreno di fondazione;
- h) la valutazione delle pressioni di contatto terreno-fondazione, per tutte le condizioni di carico definite dalla normativa vigente, confrontate con la pressione ammissibile del terreno, secondo le modalità previste di legge, tenendo opportunamente conto dell'incremento di sollecitazione dovuto alle azioni sismiche;

- i) la valutazione dei cedimenti assoluti e differenziali del terreno di fondazione, secondo le modalità di cui al punto precedente;
- l) la verifica di tutte le sezioni più significative della struttura di fondazione per le più gravose condizioni di carico, esplicitando le tensioni nei materiali presenti;
- m) la verifica al ribaltamento globale della costruzione per effetto delle azioni sismiche, valutate assumendo  $\hat{\alpha}=2$ .

#### 1.2.3.1 – Relazioni di calcolo di edifici o interventi edilizi progettati tenendo conto delle azioni sismiche

Qualora l'edificio sia stato progettato tenendo conto delle azioni sismiche, se le verifiche di cui ai capi c), d), e), f) e g) del punto 1.0.1 sulla relazione di calcolo originale danno esito positivo si potranno omettere le nuove calcolazioni, fornendo una copia completa della relazione di calcolo originale.

#### 1.3 – Elaborati dello stato di progetto

Le indicazioni di progetto saranno rappresentate con una serie di disegni e relazioni analoga a quella rappresentativa dello stato di fatto.

Per le opere di fornitura ed impiantistiche dovranno essere descritte, in forma completa e dettagliata, le caratteristiche e la qualità dei materiali.

##### 1.3.1 Elaborati grafici di progetto

Gli elaborati progettuali dovranno di norma corrispondere a quelli dello stato di fatto, e consentire una chiara comprensione ed individuazione delle opere previste in progetto.

Nel caso gli interventi di adeguamento siano modesti e limitati, gli elaborati grafici saranno prodotti in misura strettamente necessaria alla individuazione degli stessi e dei particolari costruttivi.

Saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- ◆ - ARCHITETTONICI;
- - STRUTTURALI;
- ▲ - SOVRAPPOSTI;
- - IMPIANTISTICI.

Gli elaborati saranno rappresentati, in linea di massima, alla stessa scala di quelli dello stato di fatto.

◆ A – Gli elaborati ARCHITETTONICI, comprendono i seguenti elaborati:

##### a) Piante

Saranno prodotte le tavole delle fondazioni e di ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura, indicando le destinazioni d'uso e le dimensioni di ciascun vano.

Nel caso gli interventi siano modesti e limitati a porzioni di edificio, né siano previste variazioni di destinazioni d'uso, queste potranno essere omesse, rinviando agli elaborati strutturali.

##### b) Sezioni

Saranno fornite le sezioni elaborate nello stato di fatto, aggiungendo eventualmente quelle ritenute significative per una corretta interpretazione degli interventi proposti.

Nel caso gli interventi siano modesti e limitati a porzioni di edificio, né siano previste variazioni di destinazioni d'uso, queste potranno essere omesse, rinviando agli elaborati strutturali.

##### c) Prospetti

Nel caso siano previste opere che alterino l'aspetto esterno del fabbricato, saranno forniti i nuovi elaborati grafici che illustrano le nuove proposte.

■ B – Gli elaborati STRUTTURALI, a carattere esecutivo, distingueranno:

- le strutture preesistenti;
- le strutture di nuova costruzione, quelle demolite o sostitutive;
- gli interventi di consolidamento.

Comprenderanno le seguenti tavole:

a) Piante

Saranno graficizzati le fondazioni e ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura, con indicazione degli adeguamenti proposti; nella pianta della copertura saranno indicate tutte le eventuali torrette da camino, fori, lucernari, abbaini, attici, altane, ed elementi decorativi in genere.

b) Sezioni

Saranno fornite almeno quelle corrispondenti al rilievo dello stato di fatto, con aggiunta di quelle ritenute necessarie ad una adeguata identificazione degli elementi di progetto.

c) Scale ed Ascensori

Qualora siano previsti interventi di sostituzione o di rinforzo delle strutture attuali, saranno forniti gli elaborati idonei ad individuare in modo chiaro e univoco gli interventi progettuali.

d) Particolari costruttivi in scala 1:10 o 1:20

Tutti quelli necessari alla illustrazione e comprensione dell'intervento progettuale di adeguamento e alla loro esecuzione.

In ogni tavola vanno indicate le caratteristiche relative ai materiali, le prescrizioni esecutive, i particolari costruttivi e di dettaglio necessari alla corretta esecuzione dell'intervento.

▲ C – Gli elaborati SOVRAPPOSTI, saranno relativi al progetto strutturale ed evidenzieranno, mediante le colorazioni giallo e rosso, le opere di demolizione e quelle di nuova realizzazione:

a) Piante

Comprenderanno le fondazioni e ciascuno piano dell'edificio, compresa la copertura.

b) Sezioni

Saranno fornite le tavole corrispondenti a quelle prodotte per lo stato di progetto.

● D – Gli elaborati degli IMPIANTI TECNICI evidenzieranno gli interventi di rifacimento parziale o totale dei principali schemi di distribuzione, indicando le precauzioni da prendere nella messa in opera e per la salvaguardia dell'integrità delle strutture edilizie.

Nel caso di precedenti lavori relativi agli impianti che abbiano compromesso l'integrità delle strutture murarie od oltre, andrà sempre ripristinata la funzionalità strutturale delle stesse.

### 1.3.2 – Relazioni di calcolo

Le relazioni di calcolo dovranno essere impostate sulla base di quelle elaborate per lo stato di fatto. Nel caso che i calcoli di verifica siano svolti mediante elaborazione elettronica, la relazione dovrà fornire gli elementi necessari per una agevole e corretta interpretazione dei tabulati meccanografici (nel caso di edifici in muratura la numerazione dei maschi murari ed il loro posizionamento, etc.) con una rappresentazione grafica degli schemi adottati.

Dovrà essere indicato il software impiegato e la relativa versione, specificandone le caratteristiche d'uso. Dovranno essere forniti su dischetto magnetico il files di input e quelli di output. La stampa dei dati in input e di output dovrà essere chiaramente leggibile, specificandone la simbologia, unità di misura, convenzioni relative ai segni delle grandezze vettoriali (caratteristiche di sollecitazione, azioni esterne, spostamenti); saranno indicati chiaramente gli algoritmi di calcolo utilizzati e fornita la rappresentazione grafica completa della discretizzazione strutturale. Occorrerà inoltre eseguire controlli dei risultati ottenuti mediante verifiche con procedimenti semplici anche se approssimati.

#### A) Strutture in elevazione

Il fascicolo dei calcoli conterrà:

- a) illustrazione completa della modellazione dell'organismo strutturale risultante a seguito degli interventi progettati precisando le ipotesi assunte; tale illustrazione sarà corredata da rappresentazioni grafiche delle schematizzazioni adottate;
- b) analisi dei carichi e sviluppo dei calcoli necessari per la determinazione delle azioni di progetto, giustificando i coefficienti sismici adottati;
- c) descrizione dei metodi di calcolo adottati e degli algoritmi utilizzati, con considerazioni sul rispetto delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) verifiche delle più significative sezioni delle strutture in elevazione per le combinazioni di carico più gravose;
- f) verifiche di compatibilità delle deformazioni tra strutture nuove e strutture esistenti. Per gli edifici inseriti in complessi edilizi valgono le prescrizioni concernenti i giunti ed i contatti tra edifici contigui.

Nel caso di calcolo di verifica di edifici in **muratura** con il metodo denominato POR, o con altri metodi, occorrerà:

- a) una pianta con indicazione delle dimensioni dei singoli setti e delle relative coordinate cartesiane rispetto al sistema di riferimento assunto;
- b) un'adeguata giustificazione delle resistenze caratteristiche adottate per le murature;
- c) l'esplicitazione in output dei coefficienti di sicurezza e dei valori di resistenza, sia in campo elastico che al limite ultimo, considerando trascurabile la rigidità delle pareti per deformazioni ortogonali al loro piano;
- d) la verifica dei maschi per azioni ortogonali al loro piano e quella dei maschi snelli per pressoflessione retta.

#### B) Fondazioni

Saranno motivate le scelte progettuali d'intervento in relazione all'analisi dello stato di fatto e illustrati i risultati che si intendono perseguire. Dovranno essere adeguatamente motivate le schematizzazioni del complesso fondale sia in relazione alla struttura d'elevazione, che alla collaborazione dei nuovi interventi con la struttura preesistente. Saranno inoltre dettagliatamente illustrati sia gli interventi previsti, in riferimento alle modalità esecutive e costruttive, che i materiali impiegati in relazione a quelli preesistenti. La relazione dovrà inoltre contenere:

- a) una planimetria a scala ridotta delle strutture di fondazione con la numerazione utilizzata per la verifica dei singoli elementi, evidenziando le eventuali nuove strutture;
- b) la valutazione dell'interazione terreno-struttura;
- c) la descrizione dei metodi di calcolo adottati e degli algoritmi, con considerazioni sul rispetto delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) la descrizione delle condizioni di carico analizzate;
- e) la descrizione della schematizzazione del terreno;
- f) la valutazione delle pressioni di contatto terreno-fondazione, per tutte le condizioni di carico definite dalla normativa vigente, secondo l'effettivo schema statico, confrontate con la pressione ammissibile del terreno, secondo le modalità previste di legge, tenendo opportunamente conto dell'incremento di sollecitazione dovuto alle azioni sismiche;
- g) la valutazione dei cedimenti assoluti e differenziali del terreno di fondazione, secondo le modalità di cui al punto precedente;
- h) la verifica di tutte le sezioni più significative della struttura di fondazione per le più gravose condizioni di carico, esplicitando le tensioni nei materiali presenti;
- i) le verifiche al ribaltamento globale della costruzione per effetto delle azioni sismiche, valutate assumendo  $\beta=2$ ;

l) la valutazione degli effetti sulle strutture adiacenti dovute agli interventi in fondazione. La relazione non dovrà essere redatta secondo quanto precedentemente detto e sarà sostituita da una breve sintesi a cura del progettista, nel caso non si prevedano interventi sulla struttura in elevazione e siano accertate le condizioni di sicurezza mediante le verifiche effettuate nello stato di fatto.

Se il progettista intende far riferimento a quanto contenuto al 5° comma del punto C.9.3.3 del D.M. 24.01.86, sarà comunque necessario produrre le relative verifiche di cui alle lett. b) e c).

## 12.4.2. RELAZIONE GEOTECNICA

### 2.0. – I contenuti della relazione geotecnica

La relazione geotecnica dovrà contenere tutte le informazioni necessarie circa la costituzione del sottosuolo, sia areale che al di sotto dell'edificio, intesa come definizione della successione stratigrafica, della struttura e delle proprietà fisico-meccaniche, fino alla profondità tecnicamente significativa per il caso in esame, nonché l'entità e la distribuzione delle pressioni dell'acqua nel terreno.

Facendo preciso riferimento alla natura geologica, geomorfologica e litologico-tecnica dell'area su cui insiste l'edificio, e alla conoscenze ad essa relative, dovrà essere motivato e illustrato il programma e le finalità delle eventuali indagini geognostiche svolte.

Nel caso NON venissero effettuate indagini geognostiche, dovrà essere specificato:

- 1) il motivo;
- 2) le fonti dalle quali si è pervenuti alla caratterizzazione stratigrafica e fisico meccanica del sottosuolo;
- 3) attendibilità delle fonti di informazione;
- 4) rappresentatività, per l'area oggetto di studio, dei dati ottenuti dalle fonti di informazione.

Lo svolgimento di eventuali indagini farà riferimento a quanto contenuto nelle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" dell'Associazione Geotecnica Italiana.

La relazione geotecnica conterrà:

a) la motivazione del numero, della profondità e della ubicazione dei sondaggi eseguiti e/o delle prove in sito, in relazione alla finalità dell'indagine, alla litologia dei materiali e alla probabile stratigrafia del sottosuolo.

Le informazioni standard ai **sondaggi** saranno di due tipi:

a) logistiche:

- località;
- denominazione del cantiere;
- committenza;
- geologo di cantiere;
- ditta esecutrice e nome del sondatore;
- data di inizio e fine perforazione;
- località ed edificio di deposito delle cassette catalogatrici, persona o ente al quale sono state consegnate e date in consegna;
- fotografie relative alle cassette catalogatrici.

b) tecniche:

- quota della testa foro;
- diametro dei rivestimenti e tipo di carotiere utilizzato;
- profondità raggiunta dai rivestimenti;
- modalità di perforazione ed accorgimenti tecnici impiegati;
- profondità di prelievo di campioni e loro qualità;
- tipi di campionatori;
- operazioni speciali eseguite (cementazione, installazione di strumenti);
- profilo litostratigrafico quotato;

- recupero percentuale e RQD, dove significativo;
- variazione della velocità di avanzamento;
- descrizione degli strati con indicazioni su colore, consistenza e plasticità per i terreni coesivi;
- stato di addensamento per i terreni granulari, struttura del terreno (uniforme, stratificato, laminato, fessurato, fratturato, etc.);
- tipologia della discontinuità;
- test effettuati sulla carota;
- profondità della falda acquifera incontrata e quota di stabilizzazione dell'acqua in foro;

Tali informazioni saranno riportate nel **log** del sondaggio con eventuali note e commenti anche relativi alle fasi di perforazione.

L'ubicazione del sondaggio dovrà essere riportata con precisione sugli elaborati grafici, resa evidente e riconoscibile in situ e documentata da fotografie.

Il materiale estratto dal sondaggio sarà riposto in cassette catalogatrici di misure opportune (ad es. 100 x 50) e di altezza adeguata rispettando la sequenza stratigrafica rinvenuta. I separatori interni indicheranno le quote di inizio e fine di ogni manovra ed il prelievo dei campioni.

Le cassette dovranno essere protette dalle intemperie e dovranno avere caratteristiche tali da evitare perdite di materiale e mescolamenti, anche in caso di rovesciamento della cassetta.

Le cassette catalogatrici saranno contrassegnate da una etichetta o scritta inamovibile e indelebile riportante:

- località;
- denominazione del cantiere;
- numero di sondaggio, profondità totale raggiunta e profondità progressiva (da/a);
- committenza;
- geologo di cantiere;
- ditta esecutrice e nome del sondatore;
- data di inizio e fine perforazione.

Il materiale riposto nelle cassette catalogatrici sarà debitamente fotografato a colori (angolazione di 90°, includendo uno scalimetro colorato) in maniera da ben evidenziare eventuali variazioni stratigrafiche.

La documentazione fotografica farà quindi parte integrante dell'indagine e sarà allegata al log del sondaggio.

Le informazioni standard relative alle prove in situ saranno:

**Prove penetrometriche e dinamiche**

La relazione illustrativa dell'indagine dovrà contenere, oltre alla descrizione dell'attrezzatura utilizzata, i diagrammi illustranti i dati forniti dall'indagine (resistenza alla punta, laterale etc.) in relazione alla natura del terreno e alla profondità.

Nel caso di prova S.P.T. (Standard Penetration Test) dovrà essere fornito:

- numero e posizione del sondaggio;
- quota del rivestimento;
- quota raggiunta con la perforazione e la pulizia;
- quota di fondo foro all'inizio della prova;
- valore N per ognuno dei tre tratti di 15 cm;
- lunghezza e descrizione del campione recuperato.

**Sismica e rifrazione**

La relazione illustrativa relativa all'indagine dovrà contenere le seguenti informazioni ed elaborazioni:

- descrizione dettagliata della strumentazione utilizzata;
- ubicazione planimetrica effettiva degli stendimenti;

- dromocrone per ogni stendimento;
- sezioni sismostratigrafiche per ogni stendimento;
- sezioni interpretative per ogni stendimento;
- eventuali note e commenti.

Eventuali altre prove in situ effettuate dovranno rispettare lo stesso tipo di dettaglio descritto per le prove precedenti.

- b) la motivazione sia della eventuale attrezzatura posta in foro e tipologia, che della frequenza temporale ed in profondità delle misurazioni effettuate;
- c) la carta di ubicazione dei sondaggi in scala 1:1000 (evidenziando quali di essi sono attrezzati ed in che modo) e delle eventuali prove in sito;
- d) la motivazione del numero e dei campioni prelevati;
- e) i risultati delle prove di laboratorio effettuate sul campione (certificato di laboratorio abilitato) e delle prove in sito;
- f) n° 2 sezioni litostratigrafiche in scala 1:200 ortogonali tra loro e passanti per l'edificio, riportanti le informazioni litostratigrafiche, strutturali e idrauliche. Quando effettuati terranno conto delle informazioni ricavate dai sondaggi, dalle prove e/o dagli scavi eseguiti;
- g) i parametri geotecnici dei terreni e la loro discussione ai fini delle elaborazioni numeriche (verifiche di stabilità, portanza, etc.).

### 2.1. Stabilità del versante

Le verifiche di stabilità del versante sono previste dal D.M. 24.01.86 nel caso di edifici situati su o in prossimità di pendii naturali o artificiali.

Lo studio della stabilità dei pendii naturali è altresì regolato dalla sezione G del D.M. 11.03.88.

La relazione relativa alle verifiche di stabilità del versante conterrà in maniera sintetica ma dettagliata tutti i dati relativi al versante ottenuti dalle indagini geologiche, geomorfologiche, litologico-tecnica e geotecnica e in particolare:

- a) geometria del versante;
- b) struttura geologica del versante;
- c) fenomeni morfogenetici in atto sul versante;
- d) proprietà fisiche e meccaniche (tipo, frequenza e giacitura di eventuali discontinuità, permeabilità, etc.) dei litotipi presenti nel versante e loro possibili variazioni;
- e) ubicazione della falda acquifera e sua possibile oscillazione in relazione al regime di alimentazione e alla piovosità;
- f) caratteri geometrici e cinematici di eventuale frana in atto con interessamento dell'edificio.

Le informazioni di cui sopra costituiranno il dato essenziale per procedere alla modellazione del versante e alle scelte più opportune del metodo di calcolo che dovrà approssimare al meglio la situazione evidenziata dalle indagini.

Le verifiche di stabilità saranno effettuate in numero tale da rappresentare sempre e comunque la complessità e/o variabilità delle condizioni litologico-strutturali presenti nel versante.

Nel caso venissero effettuate verifiche di stabilità secondo più sezioni, il risultato di ogni sezione dovrà essere opportunamente confrontato con quelli ottenuti dalle altre sezioni e dovranno essere svolte valutazioni sulle diversità riscontrate e motivata la scelta della sezione critica ai fini delle valutazioni di cui al punto 2.4.1.

Parte integrante della relazione sulla stabilità dei pendii sarà costituita dalle sezioni litostratigrafiche di cui al punto f) del paragrafo 2.3.8 opportunamente integrate, in questo caso, dall'individuazione grafica delle possibili superfici di scivolamento.

Nel caso che la verifica di stabilità sia eseguita mediante elaboratore elettronico, la relazione dovrà fornire gli elementi necessari per un'agevole e corretta interpretazione dei tabulati meccanografici; la stampa dei dati di input e di output dovrà essere chiaramente leggibile, specificando simbologia, unità di misura e convenzioni relative alle grandezze vettoriali presenti.

La relazione sulle verifiche di stabilità del versante conterrà inoltre:

- a) descrizione del metodo di calcolo utilizzato e i motivi che hanno portato alla sua scelta ed utilizzazione per il versante in esame;
- b) analisi dei carichi e sviluppo dei calcoli per la determinazione delle azioni definite da normativa;
- c) verifica del modello adottato con particolare riferimento allo schema di rottura ed ai valori dei parametri introdotti nel calcolo;
- d) valutazione dell'affidabilità del procedimento impiegato, derivante dal confronto tra il risultato ottenuto dai calcoli e la situazione reale.

## 2.2 Elaborati dello stato di progetto

Gli elaborati di progetto sono in genere riferiti a quelli relativi allo stato di fatto e si articolano:

- a) interventi sull'area;
- b) interventi sull'Aggregato Strutturale.

### 2.2.1 Interventi sull'area

Sarà dettagliatamente illustrata e motivata la soluzione progettuale adottata sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi dello stato di fatto e nell'ottica dell'ottimizzazione delle risorse economiche.

#### a) Relazione di calcolo

Facendo specifico riferimento alle indagini di tipo geologico e geognostico ed ai dati relativi nello stato di fatto, la relazione conterrà i calcoli di dimensionamento e verifica delle eventuali opere strutturali di sostegno e consolidamento del versante, nonché la valutazione degli effetti prodotti dalle opere sulla zona di intervento e su quelle adiacenti. Saranno forniti i dettagli tecnici delle opere speciali e illustrate le fasi di realizzazione, con le accortezze da tenersi in ciascuna di queste.

#### **1 – Verifiche di stabilità del versante a seguito delle azioni di progetto**

Saranno condotte analogamente a quelle dello stato di fatto, e saranno di norma fornite le verifiche per le sezioni analizzate nella situazione attuale. Saranno inoltre valutati gli effetti sugli edifici e sulle infrastrutture presenti nell'area interessata dagli interventi previsti in progetto in conseguenza degli stessi.

#### **2 – Verifiche delle strutture di consolidamento**

Saranno adeguatamente illustrate le ipotesi e le assunzioni adottate nel dimensionamento strutturale delle opere di sostegno o consolidamento, che saranno verificate per le più gravose combinazioni di carico previste dalla normativa vigente.

In particolare saranno prodotti:

- a) l'illustrazione, corredata da rappresentazioni grafiche, della modellazione strutturale e degli schemi statici assunti per le opere previste in oggetto;
- b) lo sviluppo dei calcoli per la determinazione delle azioni di progetto, giustificando i parametri assunti;
- c) le verifiche di portanza dei terreni e il calcolo delle pressioni di contatto terreno-opere di fondazione;
- b) una dettagliata illustrazione delle attenzioni e delle precauzioni a favore di sicurezza che si dovranno usare in fase di esecuzione per la corretta realizzazione delle opere previste in progetto, al fine di raggiungere gli scopi e i benefici previsti.

Le verifiche debbono essere condotte, oltre che conformemente alla normativa antisismica, anche secondo quanto previsto dal D.M. 10.02.92 per il cemento armato e per l'acciaio.

b) Elaborati grafici delle opere di sostegno e di consolidamento.

Gli elaborati tecnici (piane e sezioni) saranno in scala 1:100 e in numero sufficiente per descrivere nel modo più corretto l'intervento proposto e le eventuali interferenze con gli edifici presenti nell'area; i particolari saranno in scala 1:20, e tali da descrivere compiutamente l'intervento in ogni sua singola parte.

## 12.5. CONCLUSIONI

L'occasione della revisione della normativa conclusasi con l'emanazione del D.M. 16.01.1996 non è stata colta per riorganizzare l'insieme delle conoscenze e delle osservazioni oggi disponibili. Tra gli elementi positivi si segnala invece la soluzione data agli interventi sul patrimonio edilizio monumentale individuando per questi il miglioramento sismico. Deve sempre più affermarsi il concetto che l'intervento antisismico sulle costruzioni esistenti non deve necessariamente comportare radicali modifiche dello schema statico, della rigidità e resistenza della fabbrica originaria che si è venuta a configurare attraverso il processo storico di costruzione e trasformazione, a meno di evidenti situazioni patologiche di degrado.

E' inoltre sempre più evidente che le due normative, quella sismica e quella sul recupero edilizio, non essendo sovrapposte per le diverse finalità che ispirano (la incolumità pubblica e il governo del territorio) rimandano a procedure e controlli diversi fra loro, attuati e disciplinati da enti diversi tali da costituire non solo un ulteriore appesantimento burocratico ma anche una probabile perdita di efficacia. Si deve porre ed affrontare la questione di trasferire e coniugare all'interno dei regolamenti edilizi comunali e delle norme tecniche di piano, gli interventi di adeguamento e di miglioramento sismico e le tecniche di intervento prescritte con dette normative, affinché sia assicurata un'abitazione non solo confortevole ma anche realmente sicura.

## 12.6. BIBLIOGRAFIA

- (1) Conferenza dei Presidenti delle Regioni. *“Ordine del Giorno sulle zone sismiche”*. Roma, 1981,
- (2) R.Alessi, (coordinatore) *“Costruzioni di conglomerato cementizio armato in zona sismica: orientamenti sull’adeguamento”* Regione Basilicata e Regione Emilia Romagna, Facoltà di Ingegneria di Bologna, 1983.
- (3) C.Gavarini, *“L’intervento sul patrimonio monumentale esposto al rischio sismico”*, *Costruire in laterizio*, n.16 pag.267-271, PEG Editrice. Milano, 1990.
- (4) A.Masi, *“Edifici esistenti: accertamento ed adeguamento antisismico”* – Cap. 6, *Analisi della tecnica costruttiva e dei materiali*, F.Braga (coordinatore) Ordine degli Ingegneri di Potenza, 1992.
- (5) F.Braga, *“Edifici esistenti: accertamento ed adeguamenti antisismici”* Cap. 1 – *La sicurezza delle strutture esistenti nei confronti del sisma*, F.Braga (coordinatore) Ordine degli Ingegneri di Potenza, 1992.
- (6) M.Ferrini (coordinatore) *et al.* *“D.1 – Istruzioni generali.....”*, Giunta Regionale Toscana, Firenze, 1990 e 1995.
- (7) M.Ferrini (coordinatore) *et al.* *“D.2.1. – Istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati di indagine, documentazione e progetto-interventi di adeguamento sismico preventivo degli edifici pubblici strategici in Garfagnana e Lunigiana”*, Giunta regionale Toscana, Firenze, 1990 e 1995.
- (8) M.Ferrini (coordinatore) *et al.*, *“D.3. – Elenco voci opere.....”*, Giunta Regionale Toscana, Firenze, 1990 e 1995.
- (9) Atto di programmazione negoziata tra la Regione Toscana ed il Dip.to della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri per l’avvio di *“interventi di riduzione del rischio sismico in Lunigiana, Garfagnana e Media Valle del Serchio”*. Roma, Marzo 1997.
- (10) M.Ferrini, *“Interventi di Prevenzione per l’adeguamento ed il miglioramento sismico di edifici pubblici in Garfagnana e Lunigiana”* Giunta Regionale Toscana, Firenze, 1997, in corso di pubblicazione.