

LA SICUREZZA SISMICA DEGLI EDIFICI DI INTERESSE CULTURALE

Sommario

1.	DEFINIZIONI	2
1.1	IMMOBILI DI INTERESSE CULTURALE E PAESAGGISTICO.....	3
1.2	TIPOLOGIA DI INTERVENTI.....	4
1.3	INTERVENTI SULLE STRUTTURE	4
2.	FINALITÀ	4
3.	AMBITO DI APPLICAZIONE	5
4.	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
5.	INTERVENTI SUGLI EDIFICI DI INTERESSE CULTURALE.....	6
5.1	ELEMENTI FONDAMENTALI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI	7
5.1.1	CONOSCENZA DEL MANUFATTO	7
5.1.2	CRITERI E TECNICHE DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA.....	7
5.1.3	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA.....	11
5.1.4	LIVELLI DI SICUREZZA	13

LA SICUREZZA SISMICA DEGLI EDIFICI DI INTERESSE CULTURALE.¹

1. DEFINIZIONI

La **sicurezza** delle costruzioni è un concetto probabilistico e i limiti imposti ad una costruzione “sicura” sono convenzionali; per questo motivo è più corretto parlare di riduzione del rischio a livelli accettabili per la comunità, anche in termini di livelli di sicurezza. In tale contesto, il ‘*miglioramento*’ sismico, rispetto all’*adeguamento*’, non costituisce un approccio riduttivo, anzi può risultare quello più adatto alla complessità e alle particolarità degli edifici storici.²

L’*intervento locale*, essendo finalizzato alla riduzione/eliminazione di vulnerabilità seppur “locali”, induce sempre un innalzamento del livello di sicurezza sismica se non sull’intera struttura sicuramente su intere parti della stessa; se le parti assoggettate ad interventi di tipo locale sono quelle a maggiore vulnerabilità l’effetto benefico diventa tanto rilevante da poterlo ritenere globale.

La sicurezza antisismica del bene (considerata anche nella forma estrema di sopravvivenza al sisma, seppur con danni gravi purché riparabili) è intesa come una componente necessaria della conservazione del bene e con i principi di questa deve interagire; le esigenze di sicurezza delle persone e la conservazione debbono quindi essere armonizzate.

La sicurezza assoluta non è perseguibile e l’obiettivo prioritario di un intervento è quello di conseguire la massima riduzione del rischio consentita dalle esigenze di tutela e dalle risorse economiche effettivamente disponibili.

Il **rischio sismico** è connesso con la probabilità di perdita totale di un bene o parziale di un “elemento” per effetto di eventi sismici, a loro volta caratterizzati da probabilità di accadimento. L’elemento a rischio può essere una costruzione o parte di essa, come anche persone, beni mobili in essa presenti. Il concetto di rischio è perciò molto ampio ed è riferito a qualsiasi cosa un evento, in particolare un terremoto, possa direttamente o indirettamente danneggiare.³

Il rischio sismico è determinato dalla combinazione di tre fattori: pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.

La **pericolosità sismica** di un territorio è rappresentata dalla frequenza e dalla magnitudo dei terremoti che su di esso si sviluppano, ovvero dalla sua sismicità. La pericolosità sismica di un sito dove insiste un immobile è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito un parametro che descrive il moto sismico superi un valore prefissato. Nelle NTC 2018 tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento” V_R e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{Vg} .

La **vulnerabilità sismica** è la propensione di una struttura o dei beni in essa contenuti a subire un danno di un determinato livello, a fronte di un evento sismico di una data intensità.

L’**esposizione** è correlata alla presenza ed al valore dei beni contenuti in un edificio ed alle possibili conseguenze sull’incolumità delle persone; essa è una misura dell’importanza del bene esposto al rischio sismico. Con riferimento ai beni immobili, i principali fattori che determinano il grado di esposizione sono: la destinazione d’uso, il valore economico dell’edificio e dei suoi contenuti, il valore storico-artistico dell’immobile, le attività svolte al suo interno, il numero di persone presenti all’interno.

¹ Il presente documento riporta le parti più significative di linee guida e indirizzi già disponibili e a cui si rimanda per una trattazione esaustiva e per l’applicazione progettuale.

² Atto di indirizzo finalizzato all’aggiornamento delle Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale.

³ Vedi nota 2.

1.1 IMMOBILI DI INTERESSE CULTURALE E PAESAGGISTICO ⁴

Ai fini del presente documento si intendono per «*immobili di interesse culturale e paesaggistico*» le seguenti tipologie di beni:

- a) «*immobili dichiarati di interesse culturale*»: gli immobili dichiarati di interesse culturale particolarmente importante ai sensi degli articoli 10, 13 e 14 del “codice” e gli immobili verificati di interesse culturale ai sensi degli articoli 10 e 12 del medesimo “codice”;
- b) «*immobili sottoposti a tutela ope legis*»: gli immobili appartenenti a persone giuridiche private senza fine di lucro, ivi compresi gli enti ecclesiastici civilmente riconosciuti, che presentano interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico, che siano opera di autore non più vivente e la cui esecuzione risalga ad oltre settanta anni, sottoposti alle disposizioni della Parte seconda del “codice” fino a quando non sia stata effettuata la verifica di cui all’articolo 12, comma 2, dello stesso “codice”;
- c) «*immobili sottoposti a prescrizioni di tutela indiretta*»: gli immobili, la cui costruzione sia stata conclusa in data anteriore al 1945, sottoposti alle prescrizioni di cui agli articoli 45 ss. del “codice”;
- d) «*edifici collabenti*»: gli immobili di cui all’articolo 10, comma 3-*bis*, del decreto-legge sisma formalmente dichiarati di interesse culturale ai sensi della parte seconda del “codice”, come definiti nell’allegato 1, paragrafo 1, punto 2, lettera *b*), dell’ordinanza n. 90 del 24 gennaio 2020;
- e) «*immobili qualificati di interesse culturale dagli strumenti di pianificazione urbanistica*»: gli immobili, la cui costruzione sia stata conclusa in data anteriore al 1945, ricompresi nelle “*zone a carattere storico, ambientale, paesistico*” previste dai piani regolatori comunali ai sensi dell’articolo 7, comma 5, della legge n. 1150 del 1942 (nel testo introdotto con la legge 19 novembre 1968, n. 1187), ovvero che siano qualificati di interesse culturale nella strumentazione urbanistica comunale, provinciale o regionale vigente o rientrino nelle perimetrazioni dei centri storici e dei borghi tipici per motivi ambientali, culturali, storici, architettonici, effettuate dalle Regioni ai sensi dell’articolo 4, comma 2, della ordinanza n. 19 del 7 aprile 2017;
- f) «*immobili sottoposti a tutela paesaggistica provvedimento specifica*»: gli immobili, la cui costruzione sia stata conclusa in data anteriore al 1945, ricadenti nelle aree sottoposte ai vincoli di tutela paesaggistica di cui agli articoli 134, 136 e 142 del “codice”, dichiarati di notevole interesse pubblico paesaggistico ai sensi delle lettere *b*) - ville, giardini e parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del “codice”) - e *c*) - complessi di cose immobili che compongono un caratteristico aspetto avente valore estetico e tradizionale, inclusi i centri ed i nuclei storici - dell’articolo 136 del “codice” (o ai sensi delle previgenti normative richiamate dall’art. 157 stesso “codice”);
- g) «*immobili sottoposti a tutela paesaggistica ex lege o come bellezza panoramica, ovvero in base a previsioni del piano paesaggistico*»: gli immobili, la cui costruzione sia stata conclusa in data anteriore al 1945, ricadenti in una delle aree tutelate per legge ai sensi dell’articolo 142 del “codice” o sottoposti a tutela paesaggistica con provvedimento adottato ai sensi dell’articolo 136, comma 1, lettera *d*), del “codice” (o ai sensi delle previgenti normative richiamate dall’art. 157 dello stesso “codice”), nonché gli immobili specificamente sottoposti a tutela dai piani paesaggistici previsti dagli articoli 143 e 156 del “codice”;
- h) «*ruderi*»: gli immobili contemplati dall’articolo 10, comma 3-*bis*, del decreto-legge sisma, formalmente dichiarati di interesse culturale ai sensi della parte seconda del “codice”, come definiti nell’allegato 1, paragrafo 1, punto 2, lettera *a*), dell’ordinanza n. 90 del 24 gennaio 2020 (*Edifici allo stato di rudere aventi le seguenti caratteristiche: perimetro delimitato da pareti murarie che raggiungano l’altezza media di almeno*

⁴ Ordinanza n. 116 del 6 maggio 2021.

m. 2,00 da terra, non individuabili né perimetrabili catastalmente, nonché privi totalmente di copertura e della relativa struttura portante e di tutti i solai, o con alcune volte e/o orizzontamenti).

1.2 TIPOLOGIA DI INTERVENTI ^{5 6}

Ai fini del presente documento si intende per:

- a) «*restauro*»: l'intervento diretto sul bene attraverso un complesso di operazioni finalizzate all'integrità materiale e al recupero del bene medesimo, assicurandone la funzionalità, nonché alla protezione e alla trasmissione dei suoi valori culturali. Nel caso di beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale;
- b) «*ripristino*»: l'intervento diretto a restituire l'aspetto e la consistenza che un edificio aveva a una data epoca, perlopiù fra le più antiche della sua storia, e che aveva perduto in seguito a crolli o ad opere successive di trasformazione e adattamento; ciò mediante rimozione di aggiunte o parziali ricostruzioni, al fine di restituire all'edificio la sua integrità e funzionalità;
- c) «*ricostruzione*»: l'intervento riguardante edifici distrutti o in avanzato stato di disfacimento, condotto, sul medesimo sito e senza dislocazione, con l'intento di restituire l'edificio allo stato precedente il danno; ciò in riferimento ad una solida base documentaria ed in coerenza con la natura storica dei luoghi.

1.3 INTERVENTI SULLE STRUTTURE ⁷

Con riferimento agli aspetti strutturali, le NTC 2018 individuano le seguenti categorie di intervento:

- a) interventi di «*riparazione o rafforzamento locale*»: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura.

- b) interventi di «*miglioramento*»: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3 delle NTC relativi all'adeguamento.

- c) interventi di «*adeguamento*»: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3 delle NTC.

2. FINALITÀ

Le indicazioni del presente documento, in attuazione dell'articolo 9 comma 7 dell'Ordinanza n. 116 del 6 maggio 2021, riguardano gli interventi di restauro, riparazione e ripristino o di ricostruzione degli immobili di interesse culturale e paesaggistico danneggiati o distrutti dal sisma, finalizzati ad assicurare il conseguimento

⁵ Ordinanza n. 116 del 6 maggio 2021.

⁶ Decreto Legislativo n.42/2004 del 22 gennaio 2004.

⁷ NTC 2018 e Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019.

di elevati livelli qualitativi nella progettazione e la riduzione delle vulnerabilità sismiche per il conseguimento del massimo livello di sicurezza sismica raggiungibile compatibilmente con la tutela degli aspetti architettonici, storici e paesaggistici e di salvaguardia dei caratteri identitari degli insediamenti nei Comuni colpiti dal sisma.

3. AMBITO DI APPLICAZIONE

Le indicazioni del presente documento riguardano la sicurezza sismica degli immobili di interesse culturale e si applicano a tutti gli immobili sottoposti a regime di tutela ai sensi della Parte II del “codice”, agli immobili sottoposti a tutela paesaggistica ai sensi della Parte III del “codice”, la cui costruzione sia stata conclusa in data anteriore al 1945, agli immobili qualificati di interesse culturale dagli strumenti di pianificazione urbanistica o da altri atti generali regionali, provinciali o comunali e la cui costruzione sia stata conclusa in data anteriore al 1945.

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 - Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- Circolare Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 - Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019;
- Testo Unico dell’Edilizia - Decreto del Presidente della Repubblica n.380/2001 del 6 giugno 2001;
- Codice dei beni culturali e del paesaggio - Decreto Legislativo n.42/2004 del 22 gennaio 2004;
- Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 477 del 27 dicembre 2016;
- Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008, allegate alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 febbraio 2011 “Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008”;
- Ordinanza n. 116 del 6 maggio 2021 - Riordino e razionalizzazione delle vigenti disposizioni in materia di riparazione, restauro, ripristino e ricostruzione degli immobili di interesse culturale e paesaggistico appartenenti a soggetti privati;
- Atto di indirizzo finalizzato all'aggiornamento delle linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale - Commissione mista Mit-Mibact - anno 2018;
- Linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 e seguenti - Gruppo di lavoro per la formulazione di linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 - anno 2017;
- Circolare n. 15 del 30 aprile 2015 del Segretario generale del MIBACT “Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico”;
- Allegato all’Ordinanza n. 44 del 15 dicembre 2017 “Criteri di indirizzo per la progettazione e la realizzazione degli interventi di riparazione e di rafforzamento locale degli edifici che, in conseguenza degli eventi sismici verificatesi a far data dal 24 agosto 2016, hanno subito danni lievi”;
- Indicazioni operative per gli interventi di restauro e ricostruzione degli edifici di interesse culturale integrate da specifiche indicazioni per gli edifici di culto.

5. INTERVENTI SUGLI EDIFICI DI INTERESSE CULTURALE ^{8 9}

Come già riportato nel manuale *“Indicazioni operative per gli interventi di restauro e ricostruzione degli edifici di interesse culturale integrate da specifiche indicazioni per gli edifici di culto”*:

“le opere di ‘miglioramento strutturale’ dovranno mirare a contemperare le esigenze di sicurezza e quelle di conservazione, favorendo, quando possibile, gli ‘interventi locali’, come precisati nelle menzionate NTC e il mantenimento della sostanza costruttiva antica. Tutto ciò agendo, come sopra accennato, più per addizione che per sottrazione, evitando quindi demolizioni di parti che siano sopravvissute agli eventi sismici, rispettando, sempre nei limiti del possibile, i materiali costitutivi e la concezione strutturale antica, migliorandola appunto e non andando a cancellarla e sostituirla.

Per ottenere tali risultati il manuale ai punti 3.4 e 3.6 fornisce chiari orientamenti di metodo e raccomanda, di fatto, un profondo studio preliminare, basato su un accurato rilievo e sulla sua interpretazione scientifica e storico-critica, volto ad un’approfondita conoscenza del manufatto, alla ricerca delle cause e dei meccanismi di danno, che porti a commisurare gli interventi rispetto a quanto risulti realmente necessario. Sarà indispensabile, a questo scopo, una particolare preparazione e attenzione da parte dei progettisti incaricati, architetti e ingegneri, nel saper comprendere la natura delle murature storiche, dei dettagli costruttivi e degli altri elementi costruttivi, come volte ed archi, ed il loro comportamento.

Sarà, in linea di principio, preferito l’uso delle tecniche tradizionali, per la loro naturale ‘compatibilità’ con gli antichi edifici e per la loro sperimentata ‘durabilità’, ma anche l’impiego di tecniche moderne potrà avere, se ben motivato, un suo preciso ruolo.

In conclusione, si raccomanda un’accurata e scrupolosa selezione di professionisti, e conseguentemente anche d’imprese di restauro, realmente competenti nell’ambito non solo della tecnica delle costruzioni generalmente intesa ma propriamente della sua applicazione alle costruzioni storiche, antiche e premoderne.”

La complessità delle costruzioni e, in particolare, di quelle storiche rende le analisi numeriche non sempre attendibili, riferendosi esse a schemi poco rappresentativi della realtà a causa delle incertezze riguardanti la geometria, i materiali, le condizioni di vincolo, i dettagli costruttivi e il processo storico-evolutivo del manufatto, che devono essere adeguatamente considerate nel processo di analisi e che possono essere superate grazie a una conoscenza approfondita dell’edificio.

È necessario pertanto seguire anche percorsi alternativi o integrativi dei procedimenti di calcolo, adottando il metodo induttivo-qualitativo (diagnostica intuitiva) e non solo quello deduttivo-quantitativo. Per assicurare la qualità del progetto occorre dunque lasciare spazio alla ricerca storica e all’osservazione, affinché gli elementi qualitativi che ne derivano possano consentire di individuare parametri di calcolo appropriati e aderenti rispetto alla costruzione storica, così da rendere sempre più attendibili le verifiche tecniche e le scelte progettuali effettuate.

L’approccio del ‘miglioramento’, inteso come innalzamento del livello di sicurezza, quindi non è solo un accorgimento normativo messo in atto per evitare interventi troppo invasivi, tali da compromettere il rispetto di fondamentali richieste di conservazione, ma è il modo più appropriato di operare normalmente dal punto di vista della meccanica delle strutture. Esso è in grado di garantire prestazioni strutturali che,

⁸ Indicazioni operative per gli interventi di restauro e ricostruzione degli edifici di interesse culturale integrate da specifiche indicazioni per gli edifici di culto.

⁹ Linee di indirizzo metodologiche e tecniche per la ricostruzione del patrimonio culturale danneggiato dal sisma del 24 agosto 2016 e seguenti.

considerato anche l'elevato livello d'incertezza che caratterizza il tema della sicurezza strutturale degli edifici storici (in tutti i suoi aspetti, compresa la definizione delle condizioni che caratterizzano i vari stati limite), possono essere non sostanzialmente diverse da quelle formalmente attese con interventi inquadrabili nell'ambito dell'adeguamento.

5.1 ELEMENTI FONDAMENTALI PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

5.1.1 CONOSCENZA DEL MANUFATTO

Tutti i riferimenti normativi ribadiscono la necessità, per qualsiasi tipo d'intervento sugli edifici esistenti, di acquisire una conoscenza approfondita del manufatto in esame, *“sotto il profilo storico, architettonico, tipologico, strutturale, nonché materico (anche dal punto di vista della stratigrafia degli elevati secondo le procedure dell'archeologia dell'architettura e della padronanza tanto delle diverse espressioni locali delle tecniche tradizionali e della loro adozione secondo la ‘regola dell'arte’, quanto dei presidi antisismici adottati nel tempo nei diversi contesti storico-geografici e della loro efficacia). A meno che non si tratti di edifici isolati, tale conoscenza deve essere completata da quella relativa all'aggregato in cui il manufatto è inserito e quindi all'ambito urbano storico a cui esso appartiene (anche dal punto di vista della comprensione delle invarianti territoriali dei paesaggi storici e delle invarianti processuali degli insediamenti urbani, nonché delle pratiche antisismiche adottate nel tempo a questa scala)”*.¹⁰

La conoscenza dell'edificio per il quale si progetta l'intervento costituisce elemento fondamentale ed essenziale per la corretta scelta della strategia progettuale e della valutazione del livello di sicurezza.

Un percorso della conoscenza esaustivo prevede:

- identificazione della costruzione;
- caratterizzazione funzionale dell'edificio e dei suoi spazi;
- rilievo geometrico;
- analisi storica degli eventi e degli interventi subiti;
- il rilievo materico costruttivo, lo stato di conservazione, la composizione degli elementi costruttivi e delle caratteristiche dei collegamenti, la caratterizzazione meccanica dei materiali (C8.5.4.1 COSTRUZIONI DI MURATURA);
- aspetti geologici, geotecnici e tutti gli eventuali approfondimenti ritenuti necessari dal progettista e dipendenti dalla tipologia dell'intervento progettato ai sensi delle norme tecniche vigenti;
- monitoraggio statico e dinamico;
- livelli di conoscenza e fattori di confidenza (C8.5.4.1 COSTRUZIONI DI MURATURA).

5.1.2 CRITERI E TECNICHE DI INTERVENTO PER LA RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA

Strategie per la scelta dell'intervento e tipologie di interventi compatibili^{11 12 13}

Il paragrafo “6.3 Operazioni tecniche di intervento” delle **Linee guida 2010**, unitamente all'Allegato 1 “Scheda sinottica dell'intervento” della **Circolare n.15 del 30 aprile 2015** del MIBACT, avente come oggetto “Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico”, nonché i paragrafi “8.7.4. Criteri e tipi d'intervento” delle **NTC 2018** e “C8.7.4.1 Criteri per gli interventi di consolidamento degli edifici in muratura” della **Circolare NTC 2018**, illustrano i criteri generali e le principali

¹⁰ Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

¹¹ Vedi nota 9.

¹² Circolare n. 15 del 30 aprile 2015 del Segretario generale del MIBACT “Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico”.

¹³ NTC 2018 e Circolare n.7 del 21 gennaio 2019.

tecniche di intervento funzionali al conseguimento della riduzione delle vulnerabilità sismiche e dell'innalzamento del livello di sicurezza degli edifici in muratura.

Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi vanno progettati ed eseguiti, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti;
- riduzione delle carenze dovute a difetti della progettazione;
- miglioramento della capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi;
- riduzione delle condizioni che determinano situazioni di forte irregolarità, sia planimetrica sia altimetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità, compatibilmente con la tutela degli aspetti architettonici, storici e paesaggistici;
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso. In tal caso dovrebbero essere valutate attentamente demolizioni di parti che siano sopravvissute agli eventi sismici, rispettando, sempre nei limiti del possibile, i materiali costitutivi e la concezione strutturale antica, migliorandola appunto e non andando a cancellarla e sostituirla;
- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti, sia nel loro piano che ortogonalmente ad esso;
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro;
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli eventuali urti;
- riduzione dell'azione sismica e aumento della dissipazione mediante sistemi di isolamento e dissipazione ovvero di dissipazione dell'energia, compatibilmente con la tutela degli aspetti architettonici, storici e paesaggistici;
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario.

Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica possa mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei §§ 7.2.3 e 7.2.4 delle NTC 2018.

Con riferimento specifico agli edifici di interesse culturale, le **Linee guida 2010** e l'**Allegato 1 "Scheda sinottica dell'intervento" della Circolare n.15 del 30 aprile 2015**, forniscono indicazioni generali per la scelta degli interventi di miglioramento sismico cui si rimanda. Gli interventi possibili per ciascuna patologia o forma di vulnerabilità sono generalmente più d'uno, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, compatibilità, durabilità e costi. Si riportano schematicamente le possibili tipologie di intervento organizzate per categorie strutturali (collegamenti, strutture orizzontali, strutture verticali, fondazioni ...).

a) Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Tali interventi sono mirati ad assicurare alla costruzione un soddisfacente comportamento d'insieme, mediante la realizzazione di un buon ammorsamento tra le pareti e di efficaci collegamenti dei solai alle pareti:

- inserimento di tiranti, metallici o di altri materiali, a livello dei solai;
- cerchiature esterne con elementi metallici o materiali compositi;
- ammorsamenti, tra parti adiacenti o tra murature che si intersecano, mediante tecnica dello scuci-cuci;
- cordoli in materiale e dimensioni appropriati ed efficaci (ad es. in muratura armata, acciaio, legno ...) sulla sommità delle murature per collegare le pareti, a motivo del limitato livello di compressione e per migliorare l'interazione con la copertura. In zone dove la muratura si presenti meno coesa è auspicabile procedere con iniezioni di malta fisicamente e chimicamente compatibile per migliorare la coesione della muratura stessa.

b) Interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte ed al loro consolidamento

- inserimento di catene;
- contrafforti o ringrossi murari;
- placcaggio con fasce di materiale composito compatibile con la muratura;
- sottarco in muratura per spinte a vuoto;
- riduzione dei carichi all'estradosso;
- consolidamento della muratura.

c) Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai ed al loro consolidamento

- intervento di leggero irrigidimento nel piano (secondo tavolato sovrapposto e collegato con efficace chiodatura o sistema di collegamento a quello esistente, disposto con andamento ortogonale o inclinato, rinforzi con bandelle ad andamento incrociato in elementi metallici o materiali compositi, controventamento realizzato con tiranti metallici ...). È auspicabile assicurare il collegamento del diaframma di piano con gli elementi verticali mediante connettori;
- intervento di consolidamento statico del solaio per le azioni flessionali (secondo tavolato con tavoloni ortogonali collegati alle travi, rinforzo con soletta collaborante in calcestruzzo, rinforzo con sottili caldane armate in calcestruzzo alleggerito e/o fibro-rinforzato all'estradosso, collegamento dei profili con bandelle metalliche trasversali, poste all'intradosso o all'estradosso).

d) Interventi in copertura

- interventi di compensazione della spinta per tetti con orditure spingenti;
- irrigidimenti delle falde con tavolati sovrapposti e incrociati o mediante controventi posti all'intradosso efficacemente collegati agli elementi verticali prevedendo anche cordoli adeguati;
- limitazione delle masse nella parte più alta dell'edificio;
- interventi per rendere più efficace il collegamento nei nodi delle capriate;
- interventi atti a sviluppare collegamenti e connessioni reciproche tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto.

e) Interventi volti ad incrementare la resistenza degli elementi murari

- interventi di scuci e cuci finalizzati a:
 - ripristino della continuità muraria lungo le linee di fessurazione e risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate;
 - risanamento e riparazione localizzate di parti di murature deteriorate e danneggiate;
 - ricostituzione della compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura (scarichi e canne fumarie ecc.);

- miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura mediante:
 - iniezioni di miscele leganti con malte adeguatamente fluide e compatibili;
 - ristilatura dei giunti;
 - tirantature diffuse nelle tre direzioni ortogonali (murature di piccola pezzatura);
 - tiranti verticali post-tesi;
 - cerchiature;
- miglioramento del collegamento tra i paramenti murari:
 - con diatoni artificiali;
 - con tirantini antiespulsivi;
 - perforazioni armate;
- rinforzo flessionale e a taglio mediante placcaggio con tessuti o lamine in materiale composito compatibile con la muratura esistente (verifica dell'efficacia a livello locale e/o di comportamento globale).

f) Interventi su pilastri e colonne

- incremento/ripristino della resistenza a sforzo normale mediante cerchiature e tassellature o placcaggio con materiali compositi compatibili;
- ricostituzione o realizzazione di collegamenti di idonea rigidezza, al fine di trasferire le azioni orizzontali ad elementi murari di maggiore rigidezza;
- inserimento di anime metalliche in asse alla colonna o di tiranti verticali precompressi.

g) Interventi in fondazione

- allargamento delle fondazioni - collegamento alla vecchia fondazione con:
 - travi in c.a.;
 - traversi in acciaio;
 - barre post-tese;
- impiego di sottofondazioni profonde localizzate;
- consolidamento dei terreni di fondazione.

h) Interventi su elementi non strutturali

- interventi nei confronti della vulnerabilità sismica degli elementi non strutturali.

i) Misure organizzative

- riduzione dei carichi permanenti;
- riduzione dei carichi accidentali (variazione delle destinazioni d'uso).

In merito alle tecniche di intervento, le Linee Guida 2010 precisano inoltre quanto segue:

“Non deve essere trascurata la possibilità di ricorrere ad opere provvisorie, che per la loro intrinseca spiccata reversibilità appaiono interessanti nei riguardi della conservazione e possono risultare, dopo attenta valutazione, anche una soluzione definitiva nel caso di un bene tutelato. Ovviamente non sono da considerarsi escluse tecniche di intervento non citate, metodologie innovative o soluzioni particolari che il professionista individui come adeguate al caso specifico.

In ogni caso nessun intervento può essere considerato a priori non strutturale o privo di effetti sul comportamento strutturale.”¹⁴

La Circolare n. 15 del 30 aprile 2015 del MIBACT pone inoltre l’attenzione sugli interventi riguardanti elementi non strutturali e su come questi debbano essere considerati nella definizione di un’efficace strategia progettuale volta a conseguire l’incremento della sicurezza strutturale, evidenziando che:

“Particolare attenzione deve inoltre essere posta nella valutazione degli interventi di manutenzione straordinaria (secondo il D.P.R. 380/01), che prevedono lavorazioni edili (realizzazione o modifiche di porte o finestre, introduzione di pavimentazioni più pesanti, modifica del manto di copertura, modifiche alla distribuzione dei tramezzi, tracce o fori che riducono significativamente le sezioni resistenti, etc.); tali interventi infatti, anche quando non riguardano elementi portanti, possono influire direttamente o indirettamente sul comportamento strutturale dell’edificio. In tali casi il progetto dell’intervento, che in ottemperanza a quanto previsto dalle norme vigenti deve prendere in esame le eventuali interazioni con l’assetto strutturale e prevedere le conseguenti misure di mitigazione, può altresì costituire l’occasione per rilevare criticità strutturali e vulnerabilità sismiche locali, già esistenti e non connesse direttamente all’intervento progettato. Si favorisce così la previsione di interventi locali (secondo l’approccio progettuale di interventi di riparazione o locali, previsto dalle norme tecniche delle costruzioni) che, pur non snaturando la natura e gli obiettivi del progetto e malgrado il loro minimalismo, spesso, senza comportare sensibili costi aggiuntivi, portano a miglioramenti significativi della sicurezza strutturale e quindi dell’edificio.”¹⁵

5.1.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA^{16 17}

Per gli **interventi locali**, il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o ad una variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti. Ai sensi dell’articolo 9, comma 2, dell’ordinanza n. 116/2021, gli interventi locali non possono limitarsi alla semplice riparazione ma devono prevedere interventi di rafforzamento locale. Ricadono in questa categoria gli interventi che non alterano significativamente il comportamento globale della costruzione; l’obiettivo sulla base del quale è valutata l’ammissibilità dell’intervento è un aumento della sicurezza di almeno una porzione della costruzione oltre alla riparazione del danno subito, garantendo il mantenimento o l’incremento dell’originaria efficacia strutturale della porzione danneggiata. In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione di elementi strutturali o di parti di essi non adeguati alla funzione che devono svolgere (ad esempio travi, architravi, coperture, impalcati o porzioni di impalcato, pilastri, pannelli murari). **In particolare gli interventi di rinforzo devono privilegiare lo sviluppo di meccanismi duttili o comunque migliorare la duttilità locale, così da favorire lo sviluppo della duttilità di insieme della struttura.** Il ripristino o rinforzo dei collegamenti esistenti tra i singoli componenti o tra parti di essi o la realizzazione di nuovi collegamenti (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l’introduzione di catene/tiranti, chiodature tra elementi lignei di una copertura o di un solaio, tra componenti prefabbricati) ricadono in questa categoria.

Infine, la modifica di una parte limitata della struttura (ad es. l’apertura di un vano in una parete, accompagnata da opportuni rinforzi) può rientrare in questa categoria, a condizione che si dimostri che l’insieme degli interventi non modifichi significativamente rigidità, resistenza nei confronti delle azioni orizzontali e capacità di deformazione della struttura.

¹⁴ Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

¹⁵ Circolare n. 15 del 30 aprile 2015 del Segretario generale del MIBACT “Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico”.

¹⁶ NTC 2018 e Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019.

¹⁷ Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

Per questa categoria di intervento il progettista produce la valutazione di sicurezza delle sole parti oggetto di intervento, dando conto dell'incremento del livello di sicurezza riferito alle singole parti e/o meccanismi interessati dagli interventi, non essendo richiesta la valutazione della sicurezza globale dell'opera.

Per gli interventi di **miglioramento sismico** la valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

In questa categoria ricadono tutti gli interventi che, pur non rientrando nella categoria dell'adeguamento, possono determinare modifiche, anche significative, del comportamento strutturale locale o globale operando o variazioni di rigidità, resistenza o capacità deformativa di singoli elementi o di porzioni della struttura, o introducendo nuovi elementi strutturali. Ciò può avvenire, ad esempio, impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione, eliminando i meccanismi di collasso locali o trasformandoli da fragili in duttili.

Nel caso di intervento di **adeguamento sismico**, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento.

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

Per questa categoria di interventi la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a stabilire se la struttura, a seguito dell'intervento, sia in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto con il grado di sicurezza richiesto dalle NTC al paragrafo 8.4.3.

Non è necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi (per esempio armatura minima, passo delle staffe, dimensioni minime di travi e pilastri ecc.) previste per le costruzioni nuove.

Per gli edifici esistenti in muratura, particolarmente quelli storici, in cui il regime delle sollecitazioni è frutto della sovrapposizione delle vicende statiche subite dalla costruzione nel tempo, la previsione degli effetti degli interventi sul comportamento strutturale risulta estremamente difficile. Per questo motivo è conveniente limitare l'alterazione dello stato di fatto per non creare situazioni di esito incerto; particolare cautela deve pertanto essere adottata nel caso di interventi di tipo a), b) e d) di cui al § 8.4.3 delle NTC.

Ai fini della valutazione della sicurezza sismica di una costruzione storica in muratura, per la progettazione degli interventi vengono introdotti due diversi livelli di valutazione:

- LV2 (riparazione o intervento di rafforzamento locale) - valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di analisi locale;
- LV3 (intervento di miglioramento o quando venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto) - progetto di interventi diffusi nella costruzione che, per quanto possibile, non dovrebbero modificare il funzionamento strutturale accertato attraverso il percorso della conoscenza; le valutazioni devono riguardare l'intero manufatto e possono utilizzare un modello strutturale globale, nei casi in cui questo possa essere ritenuto attendibile, o i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2, purché applicati in modo generalizzato su tutti gli elementi della costruzione.

La valutazione della sicurezza sismica nell'ambito di progetti di intervento su singoli elementi può essere eseguita facendo riferimento a modelli locali, riferiti a porzioni strutturalmente autonome. Nel caso di interventi locali, che non modificano in modo sostanziale il funzionamento originale accertato, sarebbe particolarmente gravoso imporre un'accurata valutazione complessiva, estesa all'intera costruzione, specie quando questa risulti molto articolata e l'intervento abbia un impatto modesto sul comportamento complessivo.

Inoltre l'esperienza acquisita a seguito dei passati eventi sismici ha mostrato come, per gli edifici storici in muratura, il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate

della costruzione. Nella maggior parte dei casi è quindi preferibile procedere con verifiche per meccanismi locali, le quali in genere possono essere riferite ai diversi macroelementi, che diventano l'unità di riferimento per la verifica strutturale.

Costruzioni in muratura come le chiese, per l'assenza di muri di spina interni (a meno di colonnati tra le navate) e orizzontamenti intermedi (a meno delle eventuali volte), possono essere studiate con modelli di sottostrutture, ripartendo in modo opportuno la totalità delle azioni sismiche tra queste (insieme esaustivo di verifiche locali su macroelementi).

Anche nel caso di edifici, se i solai sono flessibili, ciascuna parete deve essere verificata indipendentemente. In tale suddivisione in macroelementi, alcuni di questi possono ovviamente rispondere anche fuori dal piano (è il caso di edifici con una maglia diradata di muri di spina e solai deformabili).

Da queste considerazioni nasce la necessità di effettuare analisi che prendano in considerazione i meccanismi locali di dissesto che non sempre sono colti dall'analisi globale. L'analisi numerica, con modellazione globale, in questi casi può essere utilmente indirizzata ad individuare effettivamente i possibili cinematismi delle diverse parti componenti l'intera struttura ed individuare quindi quali fra i diversi cinematismi assoggettare a verifica.

5.1.4 LIVELLI DI SICUREZZA ^{18 19}

Come disposto dall'art. 9 dell'Ordinanza n. 116 del 6 maggio 2021 per gli edifici di cui al presente documento (punto 1.1.):

1. gli interventi devono conseguire un maggior grado di sicurezza dell'edificio rispetto alle condizioni preesistenti al danno, compatibilmente con l'interesse culturale dell'edificio stesso. L'intervento, pertanto, deve sempre garantire un aumento efficace dei livelli di sicurezza, valutati rispetto alla condizione precedente al danno;
2. gli interventi locali non possono limitarsi alla semplice riparazione ma devono prevedere interventi di rafforzamento locale. Il progettista produce la valutazione di sicurezza delle sole parti oggetto di intervento, dando conto dell'incremento del livello di sicurezza riferito alle singole parti e/o meccanismi interessati dagli interventi;
3. gli interventi di miglioramento sismico devono essere volti a conseguire almeno i livelli di sicurezza minimi di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n. 477 del 27 dicembre 2016 di definizione delle caratteristiche tecniche per la ricostruzione di immobili danneggiati dal sisma del 24 agosto 2016, ai sensi dell'articolo 7, comma 1, lett. a) del decreto-legge sisma. In particolare la capacità di resistenza R_{MIN} ed R_{MAX} valutata come il rapporto tra l'azione sismica sopportabile dalla struttura e l'azione sismica che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione per lo stato limite della salvaguardia della vita delle norme tecniche per le costruzioni. La tabella allegata al D.M. specifica che il valore di R_{MIN} vale 0,5 – 0,6 – 0,8 e 1 rispettivamente per le classi d'uso I – II – III (escluse le scuole) e IV (esclusi gli edifici di interesse strategico); mentre il valore di R_{MAX} vale sempre per tali classi rispettivamente $R_{MIN} + 0,2$ - $R_{MIN} + 0,2$ - $R_{MIN} + 0,1$ e $R_{MIN} + 0,1$;
4. per i beni di cui al punto 1.1 lettere a), b) e d), qualora le esigenze di tutela non consentano il raggiungimento dei livelli di sicurezza ivi indicati, deve essere garantito un incremento della capacità di resistenza "R", come definita nel decreto sopra richiamato, non inferiore al valore di 0,1. In quest'ultimo caso, nella relazione tecnica strutturale devono essere evidenziate, per le diverse ed alternative soluzioni strutturali necessarie per elevare la capacità resistente, sottoposte ad autorizzazione, le esigenze di tutela del bene culturale rispetto alle quali le diverse soluzioni proposte risultino non compatibili, richiamando a tal fine anche le eventuali prescrizioni degli enti preposti alla tutela che determinano il mancato raggiungimento della capacità di resistenza richiesta dal decreto sopra richiamato;

¹⁸ Ordinanza n. 116 del 6 maggio 2021.

¹⁹ NTC 2018 e Circolare n.7 del 21 gennaio 2019.

5. l'intervento deve garantire in ogni caso l'eliminazione di carenze e criticità gravi tali da provocare meccanismi di collasso rovinosi della costruzione o di sue parti rilevanti, che possano avvenire prematuramente e improvvisamente senza che la costruzione esprima un efficace comportamento resistente di insieme.

Le criticità gravi di cui sopra sono spesso individuate su porzioni localizzate della costruzione e associate a specifici meccanismi di tipo locale (meccanismi che in genere sono legati a scarso collegamento e ammorsamento delle parti che compongono l'organismo strutturale – vedi punto 5.1.2.a delle presenti linee guida). Può anche trattarsi di carenze non originarie ma generate a seguito di rimaneggiamenti successivi alla realizzazione della costruzione, come l'apertura di vani senza gli opportuni accorgimenti, la realizzazione di pareti in falso ecc. Le criticità gravi possono però riferirsi anche a carenze di tipo diffuso quali, per esempio, apparecchi murari di scarsa qualità a forte rischio di disgregazione. In particolare si ritiene di fondamentale importanza la valutazione preliminare della qualità meccanica della muratura. Tale analisi è da considerarsi necessariamente propedeutica allo studio successivo delle proposte di intervento in modo da evitare che eventuali comportamenti "disgregativi" della muratura possano rendere del tutto inefficaci i provvedimenti per la diminuzione della vulnerabilità sismica dell'edificio. L'indispensabile approfondimento progettuale di tali situazioni dovrà in ogni caso tendere alla salvaguardia e conservazione degli elementi murari storicamente significativi pur nel perseguimento del massimo livello di sicurezza raggiungibile.

Si rammenta che tale fenomeno, anche se non descritto con la necessaria rilevanza, è riportato nella Circolare 2019 alle NTC 2018, dove al punto C8.7.1.2.1 è indicato che «[...] la rappresentazione della struttura come catena cinematica di corpi rigidi è attendibile solo se la parete non è vulnerabile nei riguardi di fenomeni di disgregazione [...]»²⁰, oltre che, in modo più diretto, nell'Ordinanza Commissariale n. 44 del 15 dicembre 2017, dove, al punto 3.1 dell'allegato, è indicato chiaramente che: «Come primo punto occorre considerare la capacità o meno della tipologia muraria dell'edificio in esame di avere un comportamento strutturale vero e proprio. Infatti, nel caso in cui la muratura tenda a disgregarsi e decomporsi sotto azioni cicliche ripetute, viene vanificato qualsiasi tipo di intervento che non sia capace anche di ostacolare tale disgregazione; in queste situazioni perdono significato sia i valori delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di cui alle NTC e alla Circolare, sia i metodi di analisi ivi previsti [...]».²¹

Lo scopo del progettista deve essere, quindi, quello di progettare gli interventi in modo da eliminare progressivamente i meccanismi di collasso, procedendo secondo un ordine gerarchico a partire dai meccanismi che si manifestano con conseguenze più gravi ed eliminando via via le relative cause di innesco. In questo modo il livello di sicurezza, anche nei casi in cui sia inferiore ai valori di cui al decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 477 del 27 dicembre 2016, sarà condizionato da meccanismi di rottura diversi da quelli associati a collassi di tipo rovinoso;

6. indipendentemente dal livello di sicurezza globale raggiunto, resta fermo l'obbligo del progettista strutturale di esprimersi, all'esito della valutazione globale della sicurezza finale, in ordine alle condizioni d'uso della costruzione, secondo quanto stabilito dalle norme tecniche vigenti.

Per le costruzioni esistenti, non sottoposte a tutela, le NTC 2018 prevedono che il coefficiente ξ_E (rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione) abbia i seguenti valori:

1. Miglioramento sismico

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ξ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ξ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di

²⁰ Allegato all'Ordinanza n. 44 del 15 dicembre 2017 "Criteri di indirizzo per la progettazione e la realizzazione degli interventi di riparazione e di rafforzamento locale degli edifici che, in conseguenza degli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016, hanno subito danni lievi".

²¹ Circolare n.7 del 21 gennaio 2019.

0,6, mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ξ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento per la verifica del sistema si deve avere almeno $\xi_E = 1,0$.

2. Adeguamento sismico

Nei seguenti casi:

- a) sopraelevazione della struttura;
- b) ampliamento della costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- d) esecuzione di interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente: nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani;

per la verifica della struttura, si deve avere $\xi_E \geq 1,0$.

Nei casi:

- c) variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla equazione 2.5.2 del § 2.5.3, includendo i soli carichi gravitazionali;
- e) modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV; si può assumere $\xi_E \geq 0,80$.

Il raggiungimento degli obiettivi connessi all'innalzamento del livello di sicurezza impone un approfondimento della fase di progettazione per l'individuazione di interventi che, seppur di necessità maggiormente invasivi, possano però evitare la delocalizzazione della funzione con il conseguente rischio di abbandono e degrado del bene stesso.