

Pubbllichiamo il testo predisposto dal Consiglio Scientifico dell'ARCo che è stato inserito nella Circolare n.18 del 25 marzo 2016 emessa dalla Direzione Generale Belle Arti e Paesaggio del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo con il protocollo DGBEAP/8538/34.01.10. La presente versione del documento contiene alcune modifiche inoltrate al Ministero il 16 maggio 2016.

Roma, 2 agosto 2016,  
il presidente, F.Giovanetti

**Oggetto: SICUREZZA E CONSERVAZIONE. Guida breve all'uso della Direttiva per la "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.1.2008.**

Il presente documento si rivolge ai progettisti e alle Soprintendenze, per tornare a puntualizzare i principi base del restauro architettonico, con specifico riferimento alle opere di miglioramento delle prestazioni antisismiche, e dunque per consentire una più attenta valutazione dei singoli interventi sottoposti al rilascio del nulla osta all'esecuzione da parte degli organi territoriali del Ministero.

*Indice:*

- |    |  |
|----|--|
|    | Premessa   |
| 1. | Principi e criteri di restauro del costruito storico, con particolare riferimento alla riduzione del rischio sismico |
| 2. | Requisiti del buon progetto di restauro del costruito storico  |
| 3. | Requisiti di sicurezza e modelli per la valutazione del rischio sismico e del miglioramento conseguito               |
| 4. | Raccomandazioni pratiche ai progettisti della riduzione del rischio sismico  |

### **Premessa**

La Direttiva emanata con il DPCM 9.2.2011, denominata "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.1.2008" regola gli interventi sui beni tutelati.

La direttiva è il risultato dei grandi progressi che nello scorso quarto di secolo la ricerca, svolta principalmente in Italia, ha conseguito nella comprensione del comportamento sismico degli edifici storici e nei metodi di analisi. Si pensi, ad esempio, al grande portato innovativo costituito dalla verifica dei meccanismi locali, ormai incorporata nei documenti normativi <sup>[1]</sup>.

Si è diffusa, negli ultimi decenni, una consapevole attenzione alle tecniche costruttive tradizionali, di cui si riconosce non solo il valore intrinseco quale testimonianza storica di un modo di costruire, ma anche l'efficacia antisismica, un tempo sconosciuta.

**E tuttavia, ancora oggi, la Sicurezza e la Conservazione vengono viste spesso, erroneamente,**

come obiettivi contrapposti, a causa delle visioni divergenti indotte nei vari progettisti dalla diversa formazione culturale e dalle diverse responsabilità in gioco. Alle volte, la sicurezza diventa motivazione, ritenuta inattaccabile, per sostenere soluzioni progettuali improprie. In nome della sicurezza, si procede alla sostituzione integrale di coperture e solai storici, alla rimozione degli intonaci per impacchettare le murature entro reti di rinforzo, o alla realizzazione di cappe di sostegno delle volte, anche laddove non ve ne sia necessità alcuna.

## **1. Principi e criteri di restauro del costruito storico con particolare riferimento alla riduzione del rischio sismico**

L'edificio storico (sia che si tratti di un rudere destinato a testimone di sé stesso oppure di un *monumento vivente* destinato a una funzione) deve essere guardato come un insieme organico che comprende il modo in cui è costruito, gli elementi architettonici, le finiture, le decorazioni, gli impianti, il sito in cui è collocato, nonché i suoi significati.

Il **buon progetto di restauro** si forma attraverso la **convergenza di specialità disciplinari** che devono comprendere, almeno, le seguenti caratteristiche: capacità di svolgere approfondite ricerche critiche storico-archivistiche; attitudine alla produzione di un rilievo accurato e dettagliato, attento alla geometria, alla struttura, alle caratteristiche compositive, alle connessioni; conoscenza e familiarità con i materiali e gli elementi strutturali dell'arte di costruire premoderna; capacità di concepire come e dove collocare gli impianti rendendone minimo l'impatto. Queste distinte **competenze**, possedute dal singolo o, più opportunamente, da professionisti diversi, **devono confrontarsi già in fase di rilievo e progetto preliminare e devono continuare a interagire nelle fasi successive della progettazione fino alla conclusione del cantiere.**

Gli **interventi sulle strutture**, volti a ridurre la vulnerabilità sismica, sono **da valutarsi nel quadro generale di conservazione della costruzione.** La scelta delle strategie e delle tecniche d'intervento, nonché l'urgenza di porle in atto, dipendono dai risultati della precedente fase di valutazione. L'obiettivo principale resta sempre la **conservazione non solo della materia ma anche del funzionamento strutturale accertato**, qualora questo non presenti carenze tali da comportare rischi di perdita del bene <sup>[2]</sup>.

## **2. Requisiti del buon progetto di restauro del costruito storico**

Per gli interventi sul costruito storico, con particolare riguardo alle aree soggette a normativa sismica, si raccomanda che il progetto si attenga alle seguenti fasi operative:

- A) Indagini preliminari (ricerca storica, rilievi, sondaggi), progetto preliminare**
- B) Progetto definitivo generale**
- C) Progetto esecutivo**
- D) Cantierizzazione**
- E) Consuntivo tecnico scientifico finale**

### **A) indagini preliminari, progetto preliminare**

Nel progetto di restauro e di recupero la cosiddetta *ricerca storica* consiste nella raccolta di informazioni provenienti dall'analisi visiva diretta delle strutture storiche e dalla ricerca di testimonianze documentarie relative all'edificio nel suo sito, dal suo primo impianto attraverso le successive trasformazioni fino all'attualità, ponendo in evidenza le tappe più significative. La ricerca serve a **riconoscere i valori** (storici, architettonici, strutturali, materici, cromatici ecc.) **che orienteranno la progettazione, identificando** le parti e gli elementi da conservare o reintegrare, quelli che possono essere trasformati e **i punti critici della costruzione**, anche dal punto di vista della concezione strutturale e dello stato di conservazione.

Il progetto preliminare si basa sulla conoscenza indiretta e diretta del manufatto.

La fase della conoscenza è di fondamentale importanza per qualsiasi progetto che riguardi il costruito storico, poiché ne determina la qualità e l'efficacia. Non deve mai, pertanto, essere compressa nei tempi e nell'impegno anche economico, come spesso avviene. Un'approfondita conoscenza del manufatto consente spesso, peraltro, risparmi nel contenimento degli interventi strutturali. Le indagini preliminari costituiscono esse stesse attività progettuale in quanto indirizzano il progetto e ne sono a loro volta indirizzate e devono quindi accompagnare l'attività ideativa dell'intervento. Per questo motivo è auspicabile che vengano effettuate dai progettisti stessi o comunque in stretta relazione con essi.

Le indagini devono analizzare il sito, il manufatto, la tecnica costruttiva, la struttura, gli impianti e il degrado.

A1) La **conoscenza indiretta** ha il compito di comprendere e documentare le fasi di costruzione del manufatto che potranno essere verificate durante lo studio diretto e si avvale dei seguenti strumenti:

- 1) studi archivistici;
- 2) studi bibliografici;
- 3) ricerche iconografiche;
- 4) indagini morfologiche territoriali e acquisizione dei parametri di rischio sismico.

A2) La **conoscenza diretta** ha il compito di valutare in dettaglio la consistenza e la conformazione del manufatto e di verificare su di esso i risultati delle opere realizzate nel tempo e lo stato di conservazione della materia. Essa si avvale dei seguenti strumenti:

- 1) il rilievo geometrico e architettonico al fine di una conoscenza metrica e formale che metta a fuoco in particolare le situazioni di margine e le irregolarità riscontrate (in quanto indizio di modifiche, varianti in corso d'opera, deformazioni...);
- 2) un rilievo critico al fine di identificare i materiali, mapparne lo stato di conservazione e descrivere le tecniche costruttive, prestando particolare attenzione alle soluzioni atipiche o inadeguate in quanto sono quelle che spesso necessitano di maggior impegno progettuale;
- 3) un rilievo delle caratteristiche strutturali dell'edificio, degli elementi di eventuale sofferenza, delle connessioni tra gli elementi strutturali, delle condizioni di vincolo, delle manifestazioni di dissesto e dei fenomeni di degrado.

Conoscenza diretta e indiretta si indirizzano e confermano vicendevolmente, identificando le fasi storiche di costruzione e le eventuali patologie connesse alle trasformazioni. Condizioni di degrado dovute ad altri fattori potranno essere verificate con ulteriori approfondimenti diagnostici prima di redigere il progetto definitivo.

Anche le forme di degrado e le patologie vanno inquadrare storicamente per capirne meglio le cause e poter quindi predisporre i rimedi più opportuni.

Il rilievo va inteso soprattutto come un processo conoscitivo relazionale: la singola misurazione deve essere effettuata in modo acritico, la campagna di misurazioni complessiva è invece determinata da precise scelte: riguardo agli oggetti da prendere in considerazione, alle misurazioni da effettuare, su quante farne, quando e come farle, con che grado di approssimazione, come rappresentarle, ecc.

Il progetto preliminare in definitiva contiene tutti gli studi preliminari nonché la definizione di tutte le scelte progettuali. Già in questa fase della progettazione è opportuno che sia verificata la **congruenza tra la destinazione d'uso (già in atto o proposta) con le caratteristiche strutturali dell'edificio**: si ricorda che al progetto preliminare compete valutare la fattibilità dell'intervento.

## **B) Il progetto definitivo**

Il progetto definitivo riguarda l'intero complesso edilizio e il suo contesto urbano, morfologico territoriale, paesaggistico, storico-culturale e:

- 1) definisce e precisa gli apporti disciplinari rispondenti alle più aggiornate posizioni scientifiche e

- storico-critiche e gli approfondimenti diagnostici propedeutici al progetto esecutivo;
- 2 elabora ed esplicita una conoscenza approfondita e critica dello stato di fatto tendendo ad un livello di conoscenza LC2 delle NTC 2008;
  - 3 delinea le scelte progettuali e precisa la vocazione dell'edificio e la sua compatibilità con la destinazione d'uso prevista;
  - 4 controlla la corrispondenza al quadro legislativo;
  - 5 individua con precisione gli interventi da realizzare pur non scendendo nei dettagli;
  - 6 determina gli impianti funzionali e tecnologici e ne definisce le modalità esecutive.

### **C) Il progetto esecutivo**

Per gli interventi pubblici, in base all'art.203 del Codice degli appalti, all'attuazione del progetto di restauro è sufficiente il progetto definitivo. La stazione appaltante può procedere alla progettazione esecutiva degli aspetti che ritiene cruciali per la qualità del risultato, come è indispensabile sia fatto per le opere connesse al miglioramento antisismico. Tale progettazione deve essere responsabilmente valutata e accettata dagli Organi di tutela.

Il progetto esecutivo definisce, in base alle normative e alle scelte architettoniche:

- 1 gli interventi riguardanti le singole parti del complesso prescrivendo le modalità esecutive delle operazioni tecniche e le condizioni di sicurezza per gli esecutori;
- 2 gli eventuali stralci e le eventuali sperimentazioni preliminari da eseguirsi in cantiere anche mirate all'intervento di miglioramento sismico;
- 3 i particolari strutturali, tecnici, costruttivi;
- 4 il capitolato speciale, lo schema di contratto, aggiorna il computo metrico se necessario.

### **D) il cantiere**

Realizza gli interventi progettati e verifica costantemente l'adeguatezza delle scelte progettuali (architettoniche, tecnologiche, strutturali), derivate dalle ipotesi scientifiche maturate con le indagini preliminari, con le realtà riscontrate in cantiere (che possono talora contraddire i presupposti), provvedendo con eventuali aggiustamenti o modifiche, se necessario anche sostanziali, del progetto. Ogni modifica sarà oggetto di specifico progetto di variante, eventualmente sottoposto alle necessarie autorizzazioni preliminari.

### **E) Il consuntivo tecnico-scientifico finale**

Comprende le modifiche apportate al progetto allo stato finale di realizzazione e stabilisce le condizioni per garantire la conservazione ottimale del manufatto, in particolare contiene:

- 1) una relazione aggiornata dei dati tecnici, conoscitivi e delle opere eseguite;
- 2) l'aggiornamento degli elaborati grafici al nuovo stato di fatto;
- 3) l'illustrazione del miglioramento antisismico conseguito;
- 4) il programma delle manutenzioni periodiche e delle azioni che, a seguito della reimmissione dell'edificio restaurato nel suo uso proprio, devono essere eseguite, a scadenze prefissate, per verificare l'efficacia delle opere realizzate;
- 5) la divulgazione dei dati dell'intervento.

## **3. Requisiti di sicurezza e modelli per la valutazione del rischio sismico e del miglioramento conseguito**

Il calcolo strutturale fondato sulla meccanica razionale, che utilizza modelli teorici formulati analiticamente, rappresenta un utile strumento per valutare la sicurezza del manufatto storico solo a condizione che il modello meccanico derivi da una corretta analisi della struttura reale e del suo comportamento meccanico e **siano ben presenti al progettista i limiti di attendibilità dei risultati.**

Il progettista, come previsto dalla normativa e dalle *Linee Guida*, è tenuto a eseguire i calcoli di verifica e a fornire una stima del livello di protezione sismica. Ben sapendo però che la stima ottenuta come risultato delle verifiche strutturali numeriche è affetta da incertezze intrinseche sia nei dati di *input* che nel *modello*, in modo da **non confondere l'automaticità del calcolo, per quanto sofisticato possa essere, con l'affidabilità del risultato.**

D'altra parte, alla luce dei recenti eventi sismici, è stata fatta ampia esperienza della discrasia tra il risultato dell'analisi e la sperimentazione operata dal sisma, dove il calcolo convenzionale fornisce in generale una stima assai più cautelativa dell'effettiva capacità sismica sperimentata.

Che l'approccio di calcolo previsto dalle norme includa coefficienti parziali per garantire un margine di sicurezza appropriato è cosa opportuna nella progettazione del nuovo, ma può divenire problematico nell'intervento sull'esistente, dove una stima obiettiva è necessaria per decidere se "fare o non fare".

Quanto ai dati di *input*, troppo spesso l'attenzione del progettista è focalizzata su pochi parametri meccanici che possono direttamente essere trasposti nel codice di calcolo strutturale, senza la dovuta consapevolezza dei caratteri costruttivi, della qualità muraria e dei collegamenti tra le parti dell'edificio nel suo complesso e con il ricorso ad inutili indagini invasive, quando invece il principale strumento di conoscenza è il rilievo geometrico e costruttivo e dello stato di conservazione.

L'acritica applicazione delle tabelle normative con i parametri meccanici dei materiali e i relativi coefficienti correttivi <sup>[3]</sup>, ha portato in molti casi a soluzioni d'intervento inutilmente invasive per il solo scopo di incrementare i parametri meccanici del modello strutturale al fine di mostrare formalmente il conseguito miglioramento sismico.

Quanto al *modello*, la complessità e la quantità di variabili delle strutture storiche sono tali che non può esistere una strategia univoca e affidabile di modellazione e analisi strutturale. E' quindi necessario tenere a mente le ipotesi e le semplificazioni che sono alla base del calcolo e che condizionano l'attendibilità dei risultati e la stima fornita del livello di sicurezza. Basti pensare alla schematizzazione operata di prassi nei codici di calcolo, dove la struttura muraria è ridotta a un insieme di maschi e fasce tali da formare telai equivalenti. Tale schema, in diversi casi, ha spinto il progettista a operare una trasposizione automatica dell'esito del calcolo sul progetto strutturale, con interventi diretti su quel maschio o quella fascia che risultano più deboli, con l'effetto perverso di interventi parcellizzati e disorganici, privi di un progetto complessivo e coerente.

In definitiva, è **bene ribadire l'autonomia del progetto dall'esito delle verifiche strutturali.** Le verifiche costituiscono un ausilio importante alla conoscenza della risposta e alla stima della sicurezza sismica, ma il progetto strutturale è operazione più ampia e complessa, il cui esito non è sintetizzato dal livello di miglioramento sismico raggiunto calcolato. Esso va elaborato, caso per caso, partendo in prima istanza dalle tecnologie e dal funzionamento strutturale storico rilevato.

Il progettista che interviene sul patrimonio storico è tenuto a prediligere le **soluzioni di minimo intervento** approfondendo, laddove necessario, l'analisi del rischio e la valutazione della sicurezza sismica. Ridurre al minimo l'intervento significa prestare il rispetto e l'attenzione dovuta alla conservazione del patrimonio; approfondire l'analisi del rischio significa **verificare, con strumenti e metodologie adeguate e diversificate, se l'intervento è effettivamente necessario.**

Per i beni monumentali, come correttamente riportato nelle Linee Guida <sup>[4]</sup>, è preferibile accettare destinazioni d'uso meno gravose e più appropriate, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale".

#### **4. Raccomandazioni pratiche ai progettisti del miglioramento antisismico**

Gli **interventi sulle strutture**, finalizzati alla riduzione della vulnerabilità sismica, **sono da valutarsi in un quadro generale di conservazione della costruzione.**

Verifiche numeriche sul miglioramento statico, ottenibile con gli interventi proposti sono utili soprattutto in termini comparativi. Valutazioni assolute sono più complesse a causa dell'alto nu-

mero di variabili che entrano in gioco in questo tipo di edifici, che rendono spesso il modello matematico, è bene ribadirlo, lontano da quello reale.

La scelta privilegerà pertanto **interventi che si integrino alla struttura esistente senza trasformarla radicalmente**, senza alterare il comportamento originario dell'edificio, il più possibile reversibili, non invasivi e rispettosi delle tecniche e dei materiali tradizionali.

Sono preferibilmente da evitare tecniche di intervento e metodologie innovative, nonché il ricorso a nuovi materiali, a meno che non sia **attentamente valutata e accertata dal progettista l'impossibilità di raggiungere gli obiettivi prefissati utilizzando tecniche tradizionali**, e nel contempo l'innovazione sia ritenuta adeguata per il caso specifico e rispondente ai criteri di compatibilità (chimica, fisica e meccanica), reversibilità e durabilità nel tempo (anche valutata in caso di eventi accidentali avversi – incendi, allagamenti...).

In quest'ottica **saranno generalmente da evitare**, o comunque da valutare attentamente per la loro elevata invasività, la possibile incompatibilità tra i materiali, la dubbia efficacia e la durabilità:

- gli ancoraggi per aderenza tramite iniezioni di resine e malte cementizie (per un incerto miglioramento dei collegamenti);
- le controvolte in cls (armate e no) e i placcaggi con materiali compositi a matrice polimerica;
- la realizzazione di diatoni artificiali in conglomerato armato;
- i tirantini antiespulsivi;
- tirantature diffuse (o ingabbiatura della muratura);
- tiranti verticali post-tesi;
- intonaco armato e perforazioni armate;
- l'inserimento di anime metalliche o di tiranti verticali (all'interno di pilastri e colonne);
- cordoli di sommità in calcestruzzo armato;
- cordoli in breccia in calcestruzzo armato;
- cerchiature di bucaure in calcestruzzo armato o acciaio;
- i dispositivi di isolamento sismico.

Sono questi interventi che, pur potendo risultare efficaci a livello locale, potrebbero compromettere seriamente tanto lo schema strutturale (per esempio costituendo elementi eccessivamente rigidi) quanto la materia antica; si possono considerare ammissibili esclusivamente in situazioni eccezionali e solo in assenza di alternative.

Al contrario **si darà preferenza**, per la loro consolidata efficacia e coerenza con i principi di conservazione, a quegli interventi di rinforzo di parte o di tutti gli elementi resistenti al fine di aumentarne la resistenza e la duttilità, purché non venga modificato lo schema strutturale, nonché all'inserimento di nuovi elementi compatibili per le loro caratteristiche chimico-fisico-meccaniche con quelli esistenti, al fine di eliminare o ridurre la vulnerabilità globale o locale di alcune parti della costruzione e, dunque, migliorare il funzionamento complessivo in termini di resistenza o duttilità.

Si suggeriscono pertanto, a titolo esemplificativo:

- l'inserimento di catene e tiranti (l'intervento più efficace, compatibile, reversibile, economico atto a migliorare i collegamenti fra setti murari, opporsi al loro ribaltamento, contenere le spinte delle volte e degli archi);
- cordoli sommitali in muratura armata con elementi in acciaio al fine di ridurre le carenze dei collegamenti parete-parete o parete-copertura;
- costruzione di contrafforti e ringrossi murari;
- esecuzione di frenelli all'estradosso delle volte;
- realizzazione di un secondo tavolato disposto con andamento ortogonale o inclinato rispetto

all'esistente;

- iniezioni di miscele leganti a base di calce nelle murature;
- ristilatura dei giunti (per murature di spessore non elevato);
- ripristino della continuità muraria mediante il metodo dello scuci-cuci, con l'impiego di materiali simili a quelli originari per forma, dimensioni, rigidità e resistenza, (per incrementare la resistenza degli elementi murari);
- realizzazione di cerchiature, tassellature, o di collegamenti per il consolidamento di pilastri e colonne;
- mantenimento dei tetti in legno e, ove necessario, rinforzo dei nodi e controventamento delle falde tramite tavolati sovrapposti ed incrociati a quelli esistenti.

Per quanto riguarda le **fondazioni** di edifici di interesse storico, la necessità di intervenire per migliorare il loro comportamento, statico o sismico, deve essere comprovata da ingegneri o architetti che abbiano una sufficiente conoscenza della geotecnica. In ogni caso per gli interventi di rinforzo, consolidamento e restauro delle fondazioni si devono seguire i criteri illustrati per le murature in elevazione, avendo quelle di fondazione lo stesso valore di testimonianza materiale, presente e futura, dei criteri di progettazione dell'opera, delle tecniche costruttive e della loro evoluzione storica. Per queste ragioni concettuali si devono quindi escludere gli interventi di sostituzione e alterazione sostanziale del sistema fondale originale, quali le sottofondazioni su pali e micropali.

Per quanto riguarda gli interventi di **adeguamento impiantistico**, quasi sempre questi comportano inserimenti che interagiscono con parti strutturali comportando, se non adeguatamente calibrati, una sensibile riduzione di resistenza degli elementi interessati.

È dunque fondamentale evitare interventi che possano intaccare il comportamento strutturale della costruzione, installando di preferenza le canalizzazioni fuori traccia e studiando accuratamente le strategie di passaggio delle linee per minimizzare gli impatti. Le soluzioni devono essere strettamente verificate in dettaglio prendendo spunto dalla conformazione generale e locale dell'edificio.

**Lo schema degli impianti non deve mai essere delineato in modo astratto sulle planimetrie**, come purtroppo spesso avviene. Qualora il passaggio fuori traccia non fosse possibile, è necessario adottare adeguate contromisure, mediante specifici interventi di consolidamento, atti a bilanciare gli effetti negativi indotti dalla manipolazione della muratura.

[1] Circolare 2.2.2009 n.617 Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14.1.2008, §C8.A.4.

[2]. DPCM 9-2-2011, punto 6.1.

[3]. Circolare 2.2.2009 n.617, op. cit. Tabelle C8A.2.1, C8A.2.2 nota 8  
DPCM 9.2.2011, op.cit. nota 11

[4] DPCM 9.2.2011 Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.1.2008