

**COMITATO NAZIONALE PER LA PREVENZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE
DAL RISCHIO SISMICO
MINISTERO PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI
NORME TECNICHE PER LA REDAZIONE DI PROGETTI DI RESTAURO RELATIVI A
BENI ARCHITETTONICI DI VALORE STORICO-ARTISTICO IN ZONA SISMICA**

del 29 ottobre 1996

A. DISPOSIZIONI GENERALI

A.1. - OGGETTO DELLE NORME

Le presenti norme disciplinano la predisposizione e la organizzazione di idonei progetti riguardanti gli interventi di restauro nei beni architettonici di valore storico-artistico esistenti in zona sismica, soggetti a tutela ai sensi della Legge 1 giugno 1939, n. 1089 e ai sensi della Legge 21 giugno 1939 n. 1497, recanti disposizioni per la “Tutela delle cose di interesse artistico e storico” e per la “Protezione delle bellezze naturali” o aventi interesse architettonico, archeologico e storico-artistico comunque riconosciute, e di cui occorre altresì garantire la sicurezza.

B. CRITERI GENERALI

B.1. - DISPOSIZIONI GENERALI

Di norma gli interventi di restauro di cui al presente decreto fanno riferimento all'intervento di miglioramento di cui al punto C.9.1.2. del decreto 16 gennaio 1996 del Ministero dei Lavori Pubblici recante le “Norme tecniche per le costruzioni sismiche”.

Secondo la suddetta norma tale tipologia di intervento si applica, in particolare, al caso di beni architettonici di cui all'art. 12 e all'art. 16 della Legge 2 febbraio 1974, n. 64, in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.

C. PRESCRIZIONI

C.1. - MIGLIORAMENTO ED ADEGUAMENTO

Le presenti norme regolano la corretta applicazione nei beni architettonici di valore storico-artistico, ai fini della loro tutela ai sensi della legge 1 giugno 1939, n. 1089 degli interventi di miglioramento e di adeguamento antisismico secondo il dettato del decreto ministeriale del 16 gennaio 1996 al punto C.9.1.2. del Ministero dei Lavori Pubblici. La corretta applicazione si intende riferita alla esigenza fondamentale di salvaguardare l'identità estetica e storica del complesso edilizio, ovvero non introdurre, con le operazioni tecniche genericamente intese a conseguire un maggior grado di sicurezza alle azioni sismiche, elementi estranei e stravolgenti rispetto la configurazione storico architettonica del complesso edilizio. Esigenza che la stessa “legge sismica”, 2.2.1974, n. 64, riconosce all'art. 16, rinviando le valutazioni alle disposizioni delle leggi di tutela 1.6.39, n. 1089 e 29.6.39, n. 1497.

Ai sensi del citato D.M. si intende per intervento di miglioramento antisismico “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”.

Si definisce invece per intervento di adeguamento antisismico “l’esecuzione di un complesso di opere che risultino necessarie per rendere l’edificio atto a resistere alle azioni sismiche così come definite al punto C.9.5.3.” del D.M. stesso.

L’intervento di miglioramento non richiede verifiche formali del livello di sicurezza mentre l’intervento di adeguamento comporta calcoli di verifica sismica, i quali si avvalgono, necessariamente, di modelli analitici a carattere schematico che a tutt’oggi risultano non precisamente adatti a rappresentare l’effettivo comportamento delle antiche fabbriche murarie specialmente se assunti in maniera acritica.

Da altra parte, mentre il D.M. 16.1.1996, impone l’adozione dell’intervento di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali, e prescrive l’adeguamento soltanto a chi intenda:

- a) sopraelevare o ampliare l’edificio;
- b) apportare variazioni di destinazione che comportino, nelle strutture interessate dall’intervento, incrementi dei carichi originari (permanenti o accidentali) superiori al 20%;
- c) effettuare interventi strutturali rivolti a trasformare l’edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente;
- d) effettuare interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche e per innovare e sostituire parti strutturali dell’edificio, allorché detti interventi implicino sostanziali alterazioni del comportamento globale dell’edificio.

Pertanto ai fini della tutela dei beni architettonici aventi valore storico-artistico si pongono precise limitazioni non sono ammessi gli interventi c), d) in generale indirizzati ad una modifica dei caratteri di cultura figurativa e materiale del manufatto, per cui non sono ammissibili per il patrimonio storico-architettonico in base alle esigenze ed ai requisiti della tutela ai sensi della legislazione vigente del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali.

Gli interventi di tipo a) possono essere ammessi in casi eccezionali in quanto non rispondenti ai caratteri di unicità propria ai beni architettonici.

Si dovrà infatti valutare se la sopraelevazione e l’ampliamento siano ammissibili secondo il dettato della Circolare n. 117 del 6 aprile 1972 denominata “Carta del Restauro”.

Gli interventi di tipo b) possono essere ammessi purché l’adeguamento che la normativa richiede non comporti la sopradetta modifica dei caratteri di cultura figurativa e materiale del manufatto nel suo complesso e nei suoi elementi.

Tanto più in quanto l’adozione degli interventi di tipo b) pone i problemi di particolare delicatezza poiché la verifica sismica richiesta dagli interventi di adeguamento, per i motivi sopra ricordati, presenta, allo stato delle conoscenze, oggettive difficoltà ed incertezze che spesso spingono a dare risposte con soluzioni stravolgenti, dettate unicamente dalla esigenza della verifica formale, per cui essi possono essere adottati, pur con le riserve sopraindicate e solo dietro individuate sperimentazioni che certifichino comunque la validità degli interventi previsti.

C.2. - MIGLIORAMENTO, SUE MODALITA’ E COMPORTAMENTO STATICO

Il sistema delle operazioni tecniche necessarie per effettuare il tipo di intervento di miglioramento di cui al punto C.1 deve essere concepito e definito dopo che sia stato individuato il comportamento strutturale del bene architettonico nel suo stato originario e nelle fasi costruttive realizzate successivamente ove chiaramente distinguibili.

Lo stato originario e le fasi successive, non possono essere rigidamente disgiunti poiché fanno parte di un unico processo di trasformazione del manufatto.

Si dovranno così individuare le linee di modificazione del complesso edilizio nel tempo e quindi in base a questi accertamenti introdurre con gli interventi previsti correzioni indirizzate di volta in volta a:

- ripristinare comportamenti strutturali preesistenti ora alterati da fattori diversi;
- integrare il funzionamento statico attuale intervenendo sulle debolezze riscontrate.

Il tipo di intervento di miglioramento costituisce punto di incontro tra le esigenze della conservazione dei caratteri storico-artistici del complesso edilizio da un lato, e quelle della sicurezza dall'altro.

L'incremento del livello di sicurezza locale deve essere ottenuto senza prevedere interventi che stravolgano o comunque modificano sostanzialmente la concezione originaria del complesso edilizio e delle successive fasi costruttive ad esso organicamente connesse.

Quindi viene evitato ogni intervento ove l'impianto originario del manufatto e quelli successivi con livelli di sicurezza in essi insiti e ad essi fisiologicamente connaturati, vengano radicalmente alterati.

Negli elaborati tecnici del progetto da predisporre, tenendo conto di quanto espresso nelle operazioni tecniche elencate al punto C.4 delle presenti norme, nel caso venga proposto il cambiamento della destinazione d'uso deve essere espressamente e chiaramente illustrato soprattutto per quanto riguarda le eventuali ripercussioni nella organizzazione tipologica e morfologica del bene architettonico.

Per il cambiamento della destinazione d'uso va proposto per i beni architettonici di cui al punto C1 delle presenti norme, viene prevista l'emissione di motivato parere da parte degli Organi Tecnici Centrali del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali.

C.3. – OPERAZIONI PROGETTUALI

Il restauro architettonico consiste in una serie organica di operazioni tecniche specifiche predisposte ai fini di cui all'art. 1 della Circolare n. 117 di cui alle premesse del presente decreto. Esse sono indirizzate alla tutela e valorizzazione dei caratteri storico-artistici dei beni architettonici ed alla conservazione della consistenza materiale in vista della loro trasmissione al futuro.

Le presenti norme intendono fornire prescrizioni per l'organizzazione e la conduzione delle operazioni progettuali di restauro, concepite all'interno di organici progetti di restauro, e per gli interventi di cantiere.

Essi si articolano in tre livelli di progettazione.

a) *Progetto preliminare*

Il Progetto preliminare dei lavori sui complessi architettonici di cui al presente decreto, oltre a quanto stabilito dall'art. 16, comma 3 della Legge 11 febbraio 1994, n. 109, così come modificato art. 5 quinquies della legge 2.6.1995, n. 216, include le indagini e le ricerche volte ad acquisire tutti gli elementi idonei ad impostarlo, con il massimo sviluppo dei contributi settoriali, al fine di definire uno studio di fattibilità che offra gli elementi di giudizio per le scelte di priorità, per i tipi ed i metodi di intervento da approntare nel Progetto definitivo.

b) *Progetto definitivo*

Il Progetto definitivo dei lavori sui complessi architettonici di cui al presente decreto oltre a quanto previsto dal comma 5 dell'art. 16 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, così come modificato dall'art. 5 quinquies della legge 2 giugno 1995, n. 216, traduce in termini operativi le conclusioni della fase precedente, e prescrive le fasi di intervento, le priorità, le operazioni tecniche necessarie ed il preventivo di massima.

c) *Progetto esecutivo*

Il Progetto esecutivo dei lavori sui complessi architettonici di cui al presente decreto oltre a quanto previsto dal comma 5 dell'art. 16 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, così come modificato dall'art. 5 quinquies della legge 2 giugno 1995, n. 216, definisce in modo compiuto le tecniche e le tecnologie di intervento; prescrive le modalità esecutive e definisce il successivo programma di manutenzione.

Di seguito vengono dettagliati i contributi tecnici da tenere presente per la redazione del progetto di restauro.

a) PROGETTO PRELIMINARE

L'obiettivo principale degli studi preliminari consiste

- nell'individuare e descrivere la patologia propria dell'edificio;
- nel valutare l'intervento come "non necessario", "opportuno" o "urgente e indifferibile" a seconda della patologia del manufatto;
- nel valutare il grado di sistematicità, la completezza e l'entità dell'intervento necessario e sufficiente (secondo il criterio della "giusta misura" e del "minimo intervento") per fornire risposte adeguate e controllate ai problemi emersi.

Finalità e mobilità di intervento del Progetto Preliminare

La finalità del Progetto Preliminare consiste nell'impostare ed elaborare un modello scientifico di conoscenza e di raccogliere su questa base i dati specifici con il contributo dei diversi settori disciplinari.

In ragione della complessità dello stato di conservazione e dei caratteri storico-artistici del manufatto, il Progetto Preliminare comprende quelle ricerche e quelle indagini che sono strettamente necessarie per una prima reale individuazione delle scelte di restauro e dei relativi costi di intervento.

Le operazioni rivolte all'acquisizione della conoscenza del bene architettonico nel suo stato attuale assumono importanza decisiva ai fini delle valutazioni operative; esse si avvalgono di diversi apporti disciplinari e di differenti livelli di specializzazione.

Le indagini e le ricerche sono articolate in tre parti:

- 1) il Quadro delle conoscenze;
- 2) i Settori di indagine;
- 3) la Relazione programmatica.

- *il Quadro delle conoscenze* consiste in una prima lettura dello stato esistente e nella indicazione delle tipologie di indagine che si ritengono appropriate e necessarie per la conoscenza del manufatto e del suo contesto storico e ambientale.

- *i Settori di indagine* si dividono in:

- analisi storico-critica;
- rilievo dei manufatti;
- diagnostica sul campo e in laboratorio;
- individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti;
- apporti di altre discipline.

Analisi storico-critica

L'analisi storico-critica del bene architettonico deve tendere alla conoscenza complessiva i detto bene e del suo contesto architettonico e ambientale.

La conoscenza deve comprendere la storia del bene e del contesto in termini di trasformazioni con particolare riferimento alle caratteristiche degli eventi subiti nel tempo e del quadro architettonico e statico, nonché delle trasformazioni avvenute e della risposta generale agli eventi subiti (quadri di danno) e di specifici altri interventi di restauro e di riparazione effettuati.

Rilievo dei manufatti

Il rilievo dei manufatti è predisposto attraverso due elaborazioni distinte e complementari:

- rilievo morfologico - descrittivo svolto alla scala metrica adeguata è indirizzato alla determinazione geometrica del bene architettonico, svolta attraverso operazioni di rilevamento, generale e di dettaglio e alla sua conoscenza morfologica con particolare riferimento alla individuazione delle caratteristiche fisiche degli elementi costitutivi del bene stesso e alla individuazione degli interventi strutturali effettuati in epoca recente. Ove tale individuazione non risulti possibile, l'indagine diagnostica di cui al successivo paragrafo consente di integrare la conoscenza dei parametri necessari;
- rilievo critico indirizzato a fornire un quadro dei caratteri presenti nel manufatto al fine di costituire la base conoscitiva ed interpretativa per la progettazione dell'intervento. Esso viene svolto attraverso operazioni di rilevamento, eventualmente unite all'esecuzione di sondaggi nei punti significativi per conoscere le trasformazioni avvenute. Il rilievo critico è strumento volto ad individuare i dati di conformazione e configurazione del manufatto osservati nella loro processualità. La sua organizzazione tecnica prevede la individuazione e la sequenza delle fasi di trasformazione per quanto concerne agli aspetti architettonici e costruttivi.

Diagnostica sul campo ed in laboratorio

La diagnostica si rivolge alla determinazione delle caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche dei materiali presenti nel complesso architettonico. La diagnostica verifica le condizioni di degrado, le eventuali manomissioni, danni non riparati, cedimenti, eventuali dissesti di tipo strutturale.

Le prove devono prendere come riferimento le condizioni originali e le successive trasformazioni. L'accertamento diagnostico deve comunque prevedere e giustificare le soluzioni progettuali fornendo la dimostrazione della necessità, della possibilità e dell'efficacia della proposta secondo il criterio dell'intervento "minimo" ed "appropriato". Nella diagnostica devono rientrare, ove la situazione lo richieda, l'indagine sul terreno e sulle fondazioni.

Individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti

Per quanto riguarda i beni architettonici, l'individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti deve essere basata sul rilievo dei manufatti e sul rilievo del degrado delle parti in elevazione, tenendo conto che le opere di fondazione rientrano nell'organismo strutturale. Tali osservazioni debbono essere inserite in una specifica Relazione strutturale.

Essa deve comprendere:

- la annotazione di tutti gli elementi pertinenti al comportamento strutturale quali la natura meccanica e fisico-chimica dei materiali e dei terreni interessati dalla costruzione, lo stato di conservazione, i collegamenti tra elementi contigui ed in genere gli aspetti concernenti le condizioni di vincolo tra gli elementi strutturali adiacenti, onde consentire la identificazione della struttura resistente alle azioni esterne, specialmente considerando quelle sismiche;
- il rilievo completo del quadro fessurativo e dell'ampiezza delle lesioni;
- la individuazione delle sezioni reali resistenti.

Quando il quadro fessurativo del manufatto è in evoluzione, occorre predisporre apposito monitoraggio, con indagini deformometriche di movimenti attivi e delle rotazioni al fine di delineare l'origine, l'entità, le leggi evolutive del fenomeno, per definire il tipo di intervento e controllarne gli esiti. Il rilievo di natura geometrica è integrato con l'indagine diagnostica. E' necessaria la ricognizione della natura e dello stato delle fondazioni, a mezzo di opportune indagini. Ove necessario, in presenza di pendii potenzialmente instabili di pareti rocciose sovraincombenti con rischio di distacchi e crolli, di cavità sotterranee, di fenomeni di subsidenza e d'altro, lo studio del sottosuolo è esteso ad area più ampia ed opportunamente orientato.

Nel caso contrario, viene fatta specifica menzione dell'assenza di fattori di questo tipo.

Apporti di altre discipline

Le altre indagini disciplinari partecipano alla conoscenza dei caratteri di base e della tipologia degli insediamenti nei quali il manufatto considerato, o della classe di manufatti cui appartiene il bene culturale considerato. Essi sono di vario tipo ed afferenza e vanno attivate in ragione della complessità delle caratteristiche del manufatto e dei temi posti dall'intervento.

Di tale ricerche si propone un elenco indicativo:

- ricerche riguardanti la tipologia e la morfologia urbana;
- ricerche di tipo archeologico;
- ricerche di storia della cultura materiale;
- ricerche di stratigrafia strutturale muraria;
- ricerche sul cantiere edilizio attraverso l'apporto delle fonti documentarie;
- ricerche di tipo storico-urbanistico delle trasformazioni degli insediamenti e dei manufatti in relazione agli eventi sismici verificatisi nell'area;
- ricerche sulla concezione strutturale, geotecnica e tecnologica dei manufatti antichi.

Valutazione della pericolosità sismica del sito.

Tale valutazione, da inserire nella Relazione Strutturale, è resa necessaria soprattutto quando l'appartenenza ad una determinata categoria sismica non rappresenti compiutamente l'azione sismica dovuta alla scuotibilità del sito: ciò può costituire un approfondimento necessario, quando i parametri di sito danno luogo ad effetti locali non trascurabili sulla struttura del manufatto.

Va quindi tenuto in conto, oltre alla risposta sismica locale in termini di accelerazione, da valutare eventualmente con indagini di microzonazione o almeno con la conoscenza della geologia locale, anche della presenza di pendii e della loro potenziale instabilità, di cavità, di fenomeni di subsidenza ed altro.

Nel caso contrario va fatta esplicita menzione dell'assenza di fenomeni di questo tipo.

Nella *Relazione programmatica* sono delineati gli esiti della elaborazione dei Settori di indagine interessati ed un primo inquadramento della situazione accertata in relazione agli obiettivi generali del progetto che si intendono raggiungere.

b) PROGETTO DEFINITIVO

Il progetto definitivo, oltre a quanto stabilito dal comma 4 dell'art. 16 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, così come modificato dall'art. 5 quinquies della legge 2 giugno 1996, n. 216 deve riguardare l'intero complesso architettonico ed il contesto in cui esso è inserito.

Esso ha carattere di progetto di massima e riprecisa tutti gli apporti disciplinari afferenti; definisce le relazioni interdisciplinari rispondenti alla più aggiornata evoluzione scientifica ed all'importanza storico-critica dell'opera; elabora una conoscenza compiuta dello stato di fatto e delinea le ipotesi preliminari di intervento con particolare riguardo ai possibili conflitti tra le esigenze di tutela e le condizioni ambientali quali microclima, fruizione, pubblica incolumità e sicurezza.

Prescrive quindi fasi, tipi e metodi di intervento, priorità, le operazioni tecniche necessarie e prevede la redazione del preventivo di massima.

c) PROGETTO ESECUTIVO

Il Progetto esecutivo, oltre a quanto stabilito dal comma 5 dell'art. 16 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, così come modificato dall'art. 5 quinquies della legge 2 giugno 1996, n. 216:

- prescrive le modalità esecutive delle operazioni tecniche da eseguire;
- indica i controlli da effettuare in cantiere;
- definisce le eventuali sperimentazioni preliminari da realizzare in cantiere nel corso della prima fase dei lavori.

Esso può essere redatto per stralci successivi di intervento, entro il quadro tracciato dal progetto definitivo. Deve avvalersi, solamente ove motivamente necessario, di nuovi approfondimenti di

indagine effettuati in sede di progetto preliminare a completamento delle indagini delle ricerche svolte precedentemente.

Ove richiesto da fenomeni in atto o dalla complessità degli interventi previsti si dovrà prevedere il monitoraggio in corso d'opera e, per situazioni e casi particolari, anche ad intervento compiuto.

Sono inoltre richiesti nel Progetto esecutivo le specifiche tecniche degli impianti tecnici atti a consentire l'impiego delle tecnologie più aggiornate predisposte in modo da garantire senza stravolgimenti, il corretto inserimento di detti impianti nella organizzazione tipologica e morfologica del bene architettonico di valore storico-artistico.

C.4. - OPERAZIONI TECNICHE DI INTERVENTO

Le Operazioni tecniche di intervento sono di regola rivolte a singole parti del bene architettonico, nel quadro della indispensabile visione di insieme che ne estenda il beneficio all'intero manufatto edilizio. Il loro scopo può consistere, oltre a quanto previsto per gli interventi di restauro di cui al punto C.3 delle presenti norme;

- nella ricostituzione di capacità strutturali venute meno;
- nella cura di patologie riconosciute;
- in ulteriori provvedimenti volti alla riduzione degli effetti sismici.

Oltre ai problemi connessi ai singoli elementi possono presentarsi casi di maggiore complessità riguardanti il bene architettonico.

La presenza di pareti molto vulnerabili ad azioni trasversali al piano medio a causa della dimensione, dell'eccessiva snellezza, dell'assenza di elementi strutturali ortogonali di controvento, richiede un accurato esame della storia costruttiva e sismica del complesso architettonico.

Gli interventi possibili per ciascuna patologia o forma di vulnerabilità sono generalmente più d'uno, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durabilità, costi. La scelta della soluzione è compito primario del progetto e deve essere predisposta dopo attento esame della specifica situazione.

Nell'ambito delle opere di restauro architettonico, devono in via generale essere evitate tutte le opere di demolizione-sostituzione e di demolizione-ricostruzione, operando con interventi che collaborino con la struttura esistente senza alterarla.

C.4.1. *Fondazioni*

Salvo i casi che presentano dissesti analoghi a quelli descritti nel punto C.9.3.3. a) del D.M. del 16 gennaio 1996 e salvo le riscontrate inadeguatezze, non si pone in generale, la necessità di interventi di fondazione.

Nei casi in cui i dissesti del manufatto appaiono dovuti a movimenti di fondazione si rende necessaria una indagine geotecnica, conforme alle prescrizioni del D.M. 11.3.1988, per accertare la natura e l'origine dei fenomeni osservati. Comunque prima di progettare qualsiasi intervento è fatto obbligo di procedere al rilievo sistematico delle fondazioni esistenti redigendo una relazione che ne individui e documenti le eventuali carenze.

Il rilievo va eseguito contestualmente a saggi archeologici nell'area di sedime circostante il complesso edilizio.

L'intervento dovrà mirare alla massima uniformità nelle condizioni di appoggio; a tal fine sono da privilegiare interventi di ampliamento della base fondale con parziale sottomurazione rispetto invece al ricorso ai micropali o ad altre tecniche di consolidamento dei terreni, che potranno essere adottate solo ove non esistano valide alternative.

Nel caso si ritenga indispensabile l'uso di pali radice o di altri sistemi che alterino la natura del terreno di sedime è fatto obbligo segnalare l'intervento alla Soprintendenza archeologica competente per territorio assicurando l'assistenza alla scavo archeologico da programarsi prima dell'intervento stesso; comunque tali interventi dal punto di vista tecnico e tecnologico, sono da

adottare solo in casi particolari e dopo aver effettuato un'analisi circostanziata e documentata dei sistemi di appoggio delle murature e delle caratteristiche delle fondazioni.

C.4.2. *Pareti murarie*

Gli interventi dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe e comunque il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
- a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni, quali cavità, vani di varia natura, scarichi e canne fumarie, ecc., la cui eliminazione sia giudicata strettamente necessaria in sede di progetto di restauro;
- a migliorare le caratteristiche di muratura particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.
- l'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidità, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti qualora mancanti.
- l'insieme di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e particolarmente sollecitati.
- Nel caso di murature con caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti, si potrà ricorrere alla tecnica dell'iniezione di miscele leganti, di cui andrà preventivamente provata la compatibilità e l'efficacia, tenendo anche conto delle protezioni eventualmente necessarie ad impedire il danneggiamento dei parametri esterni prodotto dalla miscela.
- le perforazioni armate sono da evitare come intervento sistematico di consolidamento della muratura, per l'insieme di impatti prodotti. Potranno essere adottate in via eccezionale, in modo localizzato, ove il loro impiego si rilevi motivatamente utile a risolvere problemi di connessione tra murature con impatti minori rispetto ad altre tecniche.
- Tutti gli interventi di consolidamento citati devono essere evitati nel caso di pareti decorate o affrescate, eventualmente operando su altre strutture contigue con interventi di analoga efficacia e comunque operando sotto il controllo di competenze specializzate.
- in generale sono da evitare comunque le demolizioni di parti edilizie significative nella storia delle trasformazioni del manufatto e di particolare valore storico-artistico, anche se presentano gravi sintomi di instabilità quali strapiombi o estese lesioni.

C.4.3. *Pilastrini e colonne*

Tenendo presente che pilastrini e colonne sono essenzialmente destinati a sopportare carichi verticali con modeste eccentricità, gli interventi vanno configurati nel modo seguente:

- ricostituire la resistenza iniziale a sforzo normale, ove perduta, mediante provvedimenti quali cerchiature e tassellature;
- eliminare o comunque contenere le spinte orizzontali mediante provvedimenti, quali apposizione di catene ed archi, volte e coperture e, ove opportuno, realizzazione o rafforzamento di contrafforti;
- ricostituire i collegamenti atti a trasferire le azioni orizzontali a elementi murari di maggiore rigidità.

Sono da evitare in generale e comunque da considerare solo in mancanza di alternative da dimostrare con dettagliata specifica tecnica, gli inserimenti generalizzati di ancore metalliche perforazioni armate, precompressioni ed in generale gli interventi non reversibili volti a conferire a colonne e pilastrini resistenza a flessione e taglio, modificando il comportamento di insieme della struttura.

Può essere consentito l'inserimento di ancore metalliche in zone localizzate e comunque dopo la presentazione di accertata e documentata verifica inserita in un ampio programma di interventi.

Le situazioni di non verticalità vanno analizzate con attenzione, individuandone le cause e le conseguenze strutturali e valutando di conseguenza la opportunità o di mantenerle ricorrendo ad eventuali presidi o, in casi eccezionali, di correggerle previa la presentazione di documentata dimostrazione tecnica e tenuto conto degli indirizzi della Circolare n. 117 del 6 aprile 1972 di cui in premessa.

C.4.4. *Archi e volte*

Gli interventi sulle strutture ad arco o a volta possono essere realizzati con il ricorso alla tradizionale tecnica delle catene, che compensino le spinte indotte sulle murature di appoggio e ne impediscano l'allontanamento reciproco. Le catene andranno poste di norma alle reni di archi e volte. Qualora non sia possibile questa disposizione, si potranno collocare le catene a livelli diversi purchè ne sia dimostrata l'efficacia nel contenimento della spinta.

In caso di presenza di lesioni e/o deformazioni, la riparazione deve ricostituire i contatti tra le parti separate, onde garantire che il trasferimento delle sollecitazioni interessi una adeguata superficie e consentire un'ideale configurazione resistente.

Va evitato comunque il ricorso a tecniche di placcaggio all'estradosso con realizzazione di controvolte in calcestruzzo o simili, armate o meno, a favore di interventi che riducano i carichi e/o diminuiscano le eccentricità e/o vincolino la deformazione all'estradosso (rinfianchi alleggeriti, frenelli, ecc.). Tale intervento è ammesso solo se non esistono valide alternative.

C.4.5. *Solai*

In presenza di azioni sismiche i solai assumono un ruolo fondamentale di collegamento tra pareti murarie e di trasmissione di sforzi orizzontali.

A tal fine è essenziale che essi siano efficacemente collegati alle murature e possiedano una sufficiente rigidezza nel piano.

Ciò premesso, di norma i solai con struttura in legno debbono essere conservati, anche in considerazione del loro ridotto peso proprio.

Le linee preferenziali di intervento saranno le seguenti:

- ove necessario si adotterà la tecnica di irrigidimento dei tavolati, con particolare attenzione alle tecniche di ammorsamento nei muri laterali;
- per i solai a travi in legno e piastrelle in cotto, che presentano limitata resistenza nel piano, possono essere adottati interventi di irrigidimento all'estradosso con caldane armate alleggerite, opportunamente collegate alle murature perimetrali;
- per i solai a putrelle e voltine o tavelloni è opportuno provvedere all'irrigidimento mediante solettina armata resa solidale ai profilati e collegata alle murature perimetrali;
- non deve essere adottato indistintamente l'inserimento di cordoli in breccia che comportano tagli continui nelle murature. In ogni caso deve essere data la preferenza ad incatenamenti e collegamenti perimetrali puntuali;
- nei casi in cui un solaio in legno o in ferro non possa essere conservato a causa dell'accentuato degrado può essere preferibile sostituirlo con un nuovo solaio analogo a quello esistente;
- il consolidamento delle travi lignee potrà avvenire aumentando la sezione portante in zona compresa, mediante l'aggiunta di elementi opportunamente connessi.

C.4.6. *Scale*

Per tutti gli interventi riguardanti scale in muratura portante e non portante di norma se ne prevede la conservazione adottando, se necessario, lavori di rinforzo ma che comunque non ne alterino i caratteri architettonici e il loro valore tipologico e formale.

C.4.7. *Tetti*

Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di semicatene in piano, la spinta deve essere compensata.

E' in linea generale opportuno il mantenimento dei tetti in legno evitando interventi che comportino aumenti di masse nella parte più alta dell'edificio o formazione di elementi eccessivamente rigidi rispetto alla compagine muraria sottostante. Devono perciò essere evitate le sostituzioni di tetti in legno con tetti in cemento o in laterocemento.

L'impiego di carpenterie metalliche deve essere attentamente valutato. In ogni caso non sono contenuti provvedimenti generalizzati di sostituzione.

Nel corso degli interventi di restauro delle orditure lignee, per riportarle a piena efficienza strutturale e di manutenzione degli impalcati e dei manti di copertura, va posta ogni attenzione a verificare ed accentuare il ruolo di connessione reciproca tra murature contrapposte svolto dalle orditure del tetto. Oltre al collegamento con capochiave metallici che impediscano la traslazione, debbono, ove possibile, essere adottati elementi di rafforzamento del punto di contatto tra muratura e tetto. Ciò può essere compiuto attraverso cordoli-tirante in legno o in metallo opportunamente connessi sia alle murature che alle orditure in legno del tetto, a formare al tempo stesso un bordo superiore delle murature resistente a trazione, un elemento di ripartizione dei carichi agli appoggi delle orditure del tetto e un vincolo assimilabile ad una cerniera tra murature e orditure.

Vanno di regola esclusi i cordoli in cemento armato per la diversa rigidità che essi introducono nel sistema e per l'impatto distruttivo che producono.

Possono essere introdotte forme di parziale irrigidimento delle falde, ad esempio a mezzo di tavolari sovrapposti e incrociati a quelli esistenti, con opportuni collegamenti ai bordi della muratura.

In generale vanno il più possibile sviluppati i collegamenti e le connessioni reciproche tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto, ricercando le configurazioni e le tecniche compatibili con le diverse culture costruttive locali.

C.4.8 Altri interventi

Incatenamenti metallici.

La pratica tradizionale di inserire catene e tiranti in metallo va considerata, in via generale, come la risposta di maggior efficacia in funzione antisismica rispetto all'impatto causato sul manufatto, per cui si richiede che essa vada adottata sistematicamente.

Scopo delle catene è quello di impedire il collasso delle pareti perimetrali ortogonalmente al loro piano e verso l'esterno, quando ciò non appaia garantito dai solai o da altre strutture e di contribuire, laddove opportuno, alla capacità dell'edificio di funzionare strutturalmente quale organismo unitario.

Sono da preferire le catene costituite da barre tonde di acciaio a bassa resistenza, con capichave atti a distribuire la pressione conseguente al tiro su zone murarie di adeguata ampiezza. Tali capichave potranno essere esterni alla parete, soluzione preferibile dal punto di vista tecnico e di minor impatto distruttivo, oppure incassati con opportune cautele ove giudicato necessario.

I tiranti dovranno in via generale essere disposti sulle murature principali, ad ogni piano, con preferenza per le soluzioni a doppia catena sui due lati dei muri stessi. Nel caso di muri esterni si adotterà la catena singola all'interno.

Nei casi in cui sia indispensabile forare la parete in direzione longitudinale (casi che si cercherà il più possibile evitare), si dovrà di regola dare la preferenza a catene inserite in guaina e non iniettate, per rendere reversibile l'intervento, consentire l'eventuale ripresa di tesatura evitare l'insorgenza di sollecitazioni indesiderate.

Per quanto riguarda la tesatura dei tiranti, si dovranno adottare tensioni limitate, tali da produrre nelle murature tensioni di compressione nettamente inferiori ai valori ritenuti ammissibili.

C.5. - CONSUNTIVO SCIENTIFICO

Al termine dei lavori deve essere predisposto il Consuntivo Scientifico quale ultima fase del processo di conoscenza e del restauro e quale premessa per il futuro programma di intervento sul complesso architettonico, così come previsto dalla Circolare n. 117 del 6 aprile 1972 di cui in premessa.

Il Consuntivo Scientifico comprende la Relazione tecnico-scientifica con l'esplicitazione dei risultati culturali e scientifici raggiunti, e la completa documentazione grafica e fotografica dello stato del manufatto prima, durante e dopo l'intervento; l'esito di tutte le ricerche, le analisi e le sperimentazioni compiute ed i problemi aperti per i futuri interventi.