

APPROFONDIMENTI

* S. Lagomarsino, Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni, dell'Ambiente e del Territorio, Università degli Studi di Genova.

LA VITA NOMINALE DI UN BENE CULTURALE: UNO STRUMENTO PER LA PREVENZIONE ED IL MIGLIORAMENTO SISMICO

*Sergio Lagomarsino**

Nell'ingegneria sismica moderna la valutazione della sicurezza strutturale è basata su un approccio che viene in gergo definito "prestazionale". Esso si basa sul principio che la costruzione, quando soggetta a determinate azioni, debba garantire certe prestazioni; per esempio, si richiede che per un dato terremoto essa non si danneggi in misura significativa, restando quindi agibile, ma anche che per un sisma di maggiore intensità non giunga al collasso, ovvero sia salvaguardata l'incolumità degli occupanti. Scelte quindi le prestazioni, definite "stati limite", come si determina l'entità delle azioni sismiche da prendere in considerazione per verificare il loro soddisfacimento?

Il concetto di sicurezza strutturale è probabilistico, in quanto le grandezze che intervengono nelle verifiche (dimensioni degli elementi, resistenze dei materiali, azioni, ...) sono incerte e gli stessi modelli che adottiamo per l'analisi strutturale sono imperfetti. Affermare che una struttura è sicura significa accettare che vi sia una pur piccola probabilità di crisi. Nel caso delle azioni statiche ordinarie, le normative fanno riferimento ad un approccio semi-probabilistico che, utilizzando coefficienti parziali di sicurezza, semplifica la trattazione ma induce alla sensazione di una sicurezza assoluta.

Per le azioni ambientali rare, in particolare quella sismica, è però indispensabile ricorrere esplicitamente alla teoria delle probabilità. La complessità dei meccanismi che originano i terremoti rende impossibile prevedere dove, quando e con quale intensità questo si verificherà. Combinando lo studio della sismicità storica (cataloghi sismici che documentano la storia dei terremoti in Italia negli ultimi 1000 anni e oltre)

con la conoscenza delle faglie attive o quiescenti è però possibile valutare la “pericolosità” sismica del territorio, ovvero determinare l’intensità del terremoto che in un dato sito si verifica con una fissata probabilità in un certo periodo di tempo. Ovviamente la pericolosità sismica non è omogenea nel territorio italiano, ma anche nelle aree a minor rischio un terremoto violento è possibile, pur se con bassa probabilità. L’INGV (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) ha pubblicato una mappa di pericolosità dell’azione sismica attesa sull’intero territorio nazionale, con diversi periodi di ritorno (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>). In generale, se si fissa un periodo di tempo, terremoti con maggiore probabilità di occorrenza sono di minore intensità e viceversa.

La maggior parte delle normative sismiche internazionali indicano che le prestazioni richieste alla costruzione devono essere garantite per terremoti con diversa probabilità di occorrenza in un prefissato periodo di tempo (assunto convenzionalmente pari a 50 anni). Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 introducono un approccio inverso: si fissa la probabilità di occorrenza del terremoto, ma si richiede che le prestazioni vengano garantite rispetto a periodi di tempo opportunamente differenziati. Si introduce quindi il concetto di “vita nominale” della costruzione, intesa “*come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata*”.

La vita nominale non deve essere intesa come la durata di una costruzione, ma solo come il tempo nel quale ha valore la verifica di sicurezza. Non è neppure la vita residua, considerato il naturale degrado dei materiali, perchè la sicurezza della costruzione nella vita nominale è garantita solo a patto che sia fatta manutenzione, ovvero conservando il manufatto nelle condizioni attuali.

Nelle norme tecniche, la vita nominale è legata all’importanza dell’opera (opere provvisorie o provvisionali ≤ 10 anni; opere normali ≥ 50 anni; opere grandi o di importanza strategica ≥ 100 anni). Moltiplicando la vita nominale per un coefficiente d’uso, introdotto per tenere in conto dell’utilizzo della costruzione (occasionale, normale,

con affollamento, con funzione strategica), si definisce il periodo di tempo rispetto al quale calcolare l'azione sismica. È evidente che l'obiettivo del normatore non è che alcune costruzioni durino più a lungo di altre, ma che abbiano un livello di sicurezza più elevato. Allo scadere della vita nominale, l'uso della costruzione potrà ovviamente continuare in sicurezza a patto di aggiornare la verifica, accertando se il degrado o altri fattori ambientali ed antropici ne abbiano o meno aumentato la vulnerabilità e considerando la pericolosità sismica aggiornata a quella data. Anche se l'attuale mappa di pericolosità italiana è stata elaborata con modelli probabilistici non dipendenti dal tempo (che non tengono cioè conto degli anni trascorsi dall'ultimo terremoto significativo), è plausibile che nel prossimo futuro essa sia aggiornata sulla base di modelli che considerano anche questa variabile¹. Se nel corso della vita nominale non si saranno verificati importanti eventi sismici, la probabilità che il terremoto utilizzato per la prima verifica occorra nella successiva vita nominale risulterà maggiore; la nuova verifica, che dovrà garantire la sicurezza della costruzione per un periodo di tempo successivo, dovrà quindi essere eseguita considerando un terremoto più forte. È evidente invece che, se al termine della vita nominale si dovesse riutilizzare la stessa mappa usata la volta precedente, senza tener conto del tempo trascorso, si arriverebbe al paradosso di poter reiterare la stessa verifica all'infinito, senza mai attuare alcuna ulteriore azione preventiva.

La revisione della Direttiva PCM 12-10-2007 ha portato ad introdurre questo approccio alla sicurezza sismica anche nel complesso mondo dei beni culturali. Nelle nuove Linee Guida si è scelto di calcolare il periodo di riferimento delle azioni sismiche sulla base delle caratteristiche del manufatto e del suo uso; è evidente che in linea di principio per la conservazione dei beni culturali si vorrebbe una vita nominale infinita, ovvero la verifica dovrebbe essere eseguita con riferimento al massimo terremoto atteso nel sito (spesso assimilabile al massimo storico verificatosi nella zona). Tuttavia occorre essere consapevoli che questo può portare ad interventi pesanti, con evidenti conseguenze sul fronte della conservazione.

¹ Il terremoto è il risultato di un repentino rilascio dell'energia immagazzinata nella faglia, soluzione di continuità nella crosta terrestre dove si accumula una deformazione a seguito del movimento relativo tra le placche. In presenza di una faglia attiva, più tempo è trascorso dall'ultimo significativo evento sismico e più grande è la probabilità che si verifichi un terremoto violento. Ovviamente i meccanismi sismogenetici sono complessi e molte variabili concorrono nella previsione.

La vita nominale può quindi essere graduata, considerando che per i manufatti più significativi o caratterizzati da un uso più intenso sarebbe auspicabile assumere periodi più lunghi, e quindi livelli di protezione più elevati. Assumere una vita nominale più breve significa considerare la costruzione protetta per un tempo più limitato ed eseguire le verifiche con azioni ridotte; ciò consente di limitarsi ad interventi “leggeri” o, in molti casi, porta ad evitarli del tutto, e ciò consente di rimandare l’intervento nel tempo. Una nuova verifica dovrà però essere effettuata entro quel termine di tempo, valutando l’azione sismica per il nuovo successivo periodo². L’azione sismica da adottare in questa seconda verifica sarà inevitabilmente più gravosa, ma saranno anche disponibili nuovi metodi di indagine, modelli di valutazione più accurati e tecniche di intervento più efficaci e meno invasive.

La vita nominale non è quindi solo un modo per graduare la sicurezza dei manufatti. Essa costituisce la base per una programmazione degli interventi preventivi e consente di attuare una conservazione consapevole, evitando interventi pesanti in nome della sicurezza; in altre parole rappresenta lo strumento per tradurre concretamente, non solo su base qualitativa, i principi del miglioramento sismico. L’approccio proposto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, recepito in questo allineamento delle Linee Guida per i beni culturali, porta a proteggere in eguale misura tutto il patrimonio tutelato; solo in relazione alle condizioni d’uso la sicurezza può essere in minima misura differenziata (un ulteriore coefficiente potrebbe consentire una graduazione anche in funzione della rilevanza, ma questo è un concetto per il momento ancora difficile da introdurre).

A scala territoriale (LV1), l’attribuzione della vita nominale a ciascun manufatto tutelato e la corrispondente valutazione dell’indice di sicurezza sismica consentono di redigere una graduatoria di rischio, utile ad indirizzare le priorità d’intervento sui manufatti più vulnerabili e significativi. Ancora più utile è valutare la vita nominale rispetto alla quale il manufatto è sicuro (indice di sicurezza uguale a uno); in questo caso la graduatoria definisce il tempo limite entro il quale gli interventi preventivi dovrebbero essere attuati.

² L’ideale sarebbe disporre, per quella data, di una mappa di pericolosità sismica che tenga conto del tempo che è passato; ma se dovesse essere utilizzata la stessa mappa di oggi, sarà in quel momento necessario riferirsi ad una vita nominale che somma il tempo trascorso dalla prima valutazione e quello futuro per il quale si vuole continuare a proteggerla.

Alla scala del singolo manufatto, nel caso in cui si valuti che la sua vulnerabilità attuale sia eccessiva in relazione alla pericolosità sismica del sito, il progetto di miglioramento sismico dovrà essere indirizzato al minimo intervento, attraverso l'uso di tecniche poco invasive e per quanto possibile reversibili; la valutazione della vita nominale garantita dall'intervento ci dirà quindi il tempo nel quale la costruzione potrà essere considerata sicura, al termine del quale una nuova verifica dovrà essere eseguita.

Anche alla scala degli apparati decorativi e degli elementi architettonici di pregio, ai quali sono richieste specifiche prestazioni, le azioni sismiche di riferimento sono valutate a partire dalla vita nominale e tenendo anche in conto della frequenza con la quale sono effettuati i cicli di controllo del loro stato di conservazione; in tal modo è possibile graduare la sicurezza richiesta in relazione alla loro rilevanza artistica.

E' importante precisare che l'età della costruzione non ha nulla a che vedere con la vita nominale; la valutazione viene effettuata oggi, con la mappa di pericolosità sismica aggiornata e considerando lo stato attuale del manufatto. Il prossimo terremoto che si verificherà in un dato sito colpirà ugualmente tanto le nuove quanto le antiche costruzioni; il tempo trascorso dal momento della costruzione ad oggi non ha quindi influenza sulla verifica.

Nelle nuove Linee Guida il *tempo* è la parola chiave per la conservazione del patrimonio culturale. Il controllo periodico, visivo o attraverso sofisticate tecniche di monitoraggio, e la manutenzione da sempre rappresentano lo strumento per conservare le costruzioni storiche dal degrado e dalle trasformazioni antropiche e dell'ambiente. Il periodo di riferimento (direttamente legato alla vita nominale) è invece lo strumento per valutare le azioni sismiche da usare nelle verifiche e per programmare nel tempo le azioni di prevenzione.

Per tutte queste ragioni, l'attribuzione di una vita nominale ad una costruzione tutelata non deve spaventare. Non significa assumere che la cupola del Brunelleschi abbia ancora davanti a sé solo una cinquantina d'anni di vita.

* P. Faccio, Università IUAV di Venezia

CONOSCENZA E PREVENZIONE

*Paolo Faccio**

L'allineamento delle Linee Guida alle NTC ha consentito una ulteriore riflessione su alcuni aspetti che legano la conoscenza e la prevenzione dal rischio sismico del patrimonio culturale, in particolare un affinamento del rapporto tra conoscenza – specificatamente del dato qualitativo- con la definizione dell'azione sismica e delle prestazioni strutturali dei materiali attraverso i Fattori di Confidenza – aspetto quantitativo. L'altro argomento affrontato ha consentito una maggiore articolazione dello SLA (Stato Limite dei Beni Artistici), facendo rientrare, nella definizione dello stato limite, il concetto di Vita Nominale – V_n – con un particolare riferimento ai cicli di monitoraggio e controllo dei manufatti storici.

Nella versione precedente del Percorso della Conoscenza era già evidenziato come il contributo della Storia fosse rilevante nella definizione dei modelli interpretativi della costruzione, istituendo uno stretto rapporto tra conoscenza delle trasformazioni della fabbrica e dello stato di danneggiamento e modalità di verifica della vulnerabilità di un edificio. In particolare nel paragrafo *Analisi Storica degli eventi e degli interventi subiti*¹ è sottolineato come una corretta individuazione delle fasi di trasformazione del sistema resistente sia propedeutica per la individuazione di possibili discontinuità o disomogeneità costruttive sia in pianta che in alzato che, associate a valutazioni in grado di relazionare le fasi accertate con eventuali danni antropici o derivanti da eventi calamitosi, sono in grado di migliorare la sensibilità del modello interpretativo della costruzione. Il rapporto infatti tra eventi sismici pregressi – la storia sismica desumibile dai numerosi cataloghi disponibili per il territorio italiano – e possibili trasformazioni accertate ante e post sisma, possono migliorare l'identificazione di parti o elementi particolarmente vulnerabili o illustrare il successo di provvedimenti occorsi nella fase di riparazione, il tutto concorrendo all'affinamento del

¹ Paragrafo 4.1.5
Analisi storica degli
eventi e degli inter-
venti subiti.

modello interpretativo della costruzione. Ed è nella definizione di modelli interpretativi che l'analisi qualitativa può consentire l'individuazione di possibili meccanismi di danno e concorrere alla scelta di modelli di calcolo attendibili. In questo quadro risulta evidente come la possibilità di relazionare in modo ancora più pregnante la conoscenza qualitativa del manufatto alla valutazione quantitativa della sicurezza, fosse legata ad una chiara esplicitazione delle fasi della conoscenza – intesa come illustrazione sintetica di procedure – alla possibilità di intervenire nella determinazione della capacità della struttura, riducendo l'accelerazione ai diversi stati limite o incidendo sulle proprietà dei materiali, prevalentemente sulle resistenze, il tutto mediante la definizione del Fattore di Confidenza F_c^2 .

La rimodulazione dei contenuti dei livelli di conoscenza in relazione al peso dei fattori di confidenza, esplicita in modo articolato il ruolo che la ricerca storica, l'analisi materico costruttiva e l'individuazione delle fasi di trasformazione, hanno nella definizione dei modelli interpretativi a supporto delle verifiche di vulnerabilità.

La possibilità di costruire modelli definiti per mezzo di livelli della conoscenza – intesi come possibilità di approfondimento correlati al numero e alla qualità delle informazioni in possesso – costituisce di fatto una modalità operativa innovativa. Questo approccio si esplicita in una relazione tra conoscenza e valutazione della vulnerabilità ottenute mediante modelli analitici e numerici con il supporto di considerazioni qualitative, il tutto con l'introduzione di un meccanismo premiante della conoscenza legato alla definizione del valore dei Fattori di Confidenza.

In questo quadro diviene fondamentale una organizzazione dell'atto conoscitivo, inteso come programmazione di attività che vanno dalla definizione di analisi storica – intesa come ricognizione iconografica e storiografica del bene oggetto della verifica, allo sviluppo di procedure di rilievo geometrico, lettura e restituzione del dato materico costruttivo e del danneggiamento.

La prassi si completa con una riflessione sul concetto di trasformazione

² L'applicazione del Fattore di Confidenza per la modifica dei parametri descritti – accelerazione corrispondente ai vari stati limite o parametri meccanici dei materiali – è funzione della scelta dei modelli di verifica della sicurezza sismica che sono descritti nel capitolo 5 Modelli per la valutazione della sicurezza sismica. Al riguardo si sottolinea che l'applicazione dei modelli descritti va oltre la mera applicazione meccanica di modalità di verifica ma obbliga ad una riflessione sul concetto di costruzione e sulle caratteristiche materico costruttive individuate, costituendo di fatto un giudizio dove alla valutazione quantitativa devono essere associate considerazioni qualitative in un giudizio esperto complessivo.

intesa come possibilità di ipotizzare e – eventualmente – confermare le ipotesi sulle fasi costruttive della fabbrica, grazie anche a procedure desunte dalla stratigrafia degli alzati, in particolare con il ricorso a saggi macrostratigrafici.

L'insieme di queste modalità di lettura della costruzione costituisce, come accennato, la possibilità di definire modelli interpretativi della costruzione che si legano, mediante la definizione di step di approfondimento successivo al peso dei fattori di confidenza F_c , peso che incide nella valutazione di vulnerabilità riducendo l'azione sismica agli stati limite o riducendo le caratteristiche meccaniche dei materiali presenti, opzioni praticabili in relazione alle modalità di conduzione delle verifiche.

La costruzione dei modelli interpretativi può essere, come accennato, utile nella verifica della presenza di caratteristiche e qualità che consentono l'utilizzo di modalità di verifica ma anche definire una valutazione qualitativa che può far rientrare nel giudizio complessivo sulla vulnerabilità una serie di altri fattori che, pur non essendo quantificabili, possono dar ragione dell'accettazione di coefficienti di sicurezza inferiori a quelli previsti per le costruzioni ordinarie, possedendo l'oggetto qualità sicuramente favorevoli alla capacità di risposta sismica ma non rappresentabili nei modelli di calcolo. Le caratteristiche costruttive degli edifici in muratura che incidono sulle prestazioni strutturali in zona sismica sono ampiamente note nella letteratura e sostanzialmente riguardano la qualità della muratura – intesa come presenza di una regolarità costruttiva che investe caratteristiche dimensionali degli elementi costitutivi e modalità di aggregazione dei blocchi (apparecchiatura) – e la modalità di aggregazione degli elementi costituenti la scatola muraria – intesi come modalità di aggregazione dei macroelementi³ altrimenti definiti come rapporti costruttivi. Oltre a queste qualità riferibili alle caratteristiche della muratura e dei rapporti costruttivi tra elementi murari, di grande rilevanza si sottolinea la presenza di elementi di legatura tra murature come incatenamenti, solai a piano rigido e altri

³ Si intende macroelemento quella porzione di costruzione in grado di avere un comportamento strutturale autonomo assimilabile ad un corpo rigido.

componenti che definiscono la collaborazione tra gli elementi della scatola muraria⁴.

Nella tabella 4.1 *Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali della conoscenza*⁵ sono riportati i valori degli specifici Fattori di Confidenza Fci in relazione ai contenuti dell'indagine che si sta compiendo. Il confronto con la tabella contenuta nella precedente versione della Direttiva, evidenzia come la sostanziale differenza sia presente nella parte dedicata alla *Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica* che verrà successivamente descritta.

Il peso e la caratteristica del primo atto della conoscenza – il rilievo geometrico – non è modificato, trovando l'approfondimento della rappresentazione stereometrica della fabbrica nella lettura e restituzione del quadro fessurativo e dello stato deformativo. La qualità del rilievo dipende dall'accuratezza con la quale è rappresentata la geometria del manufatto nell'effettiva configurazione spaziale, che viene arricchita dalla lettura e restituzione del quadro fessurativo descritto nelle caratteristiche salienti che ne qualificano la posizione, la dimensione, l'estensione e la restituzione specifica della gola e delle cuspidi⁶. Oltre a queste informazioni l'andamento dei plessi fessurativi deve essere indagato anche verificando la presenza di fenomeni di scostamento dal piano di uno dei cigli o eventuali dislocazioni dei medesimi nel piano del masso murario, elementi che devono essere accompagnati da valutazioni legate al rapporto tra profondità della lesione rispetto allo spessore murario. L'andamento dello stato deformativo, fuori piombo, spianamenti, cedimenti differenziali, contribuisce a valutare possibili meccanismi di danno e ad individuare l'esatta posizione di elementi caratteristici della scatola muraria, come baricentri dei massi murari e imposte degli orizzontamenti⁷.

Come accennato la sostanziale modifica del contenuto descrittivo dei Fattori di Confidenza è relativo all'*Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica*, momento in cui l'osservazione diretta delle caratteristiche materico costruttive, le indagini storiche e le con-

⁴ Gli elementi e le qualità costruttive che incidono sulle prestazioni delle murature e degli edifici storici sono indicati nel paragrafo 4.1.6 Il rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione.

⁵ Presente nel paragrafo 4.2 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza.

⁶ Per gola si intende il punto di maggiore distanza tra i cigli fessurativi che definiscono la fessura e per cuspidi il punto o i punti che costituiscono la parte o le parti terminali del plesso fessurativo. La definizione di queste caratteristiche consente una riflessione su possibili moti dei massi murari interessati dalla fessurazione.

⁷ La posizione di questi punti è fondamentale, ad esempio, nell'eventualità di utilizzo di modelli di valutazione e verifica desunti dall'analisi cinematica.

siderazioni legate anche a caratteri morfologici dell'architettura, contribuiscono a definire una sequenza delle fasi costruttive del manufatto, sequenza che può essere messa in relazione alle modalità di trasformazione che consentono una interpretazione del comportamento strutturale, in termini di sequenze di carico e modifiche dell'organismo resistente.

Il primo livello riguarda la restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche), intendendo una prima ipotesi di ricostruzione di sequenze edilizie basata prevalentemente su fonti documentali e osservazioni dirette sul costruito di tipo speditivo.

Il secondo livello prevede una restituzione parziale delle fasi costruttive e l'interpretazione del comportamento strutturale fondate in alternativa su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche), momento nel quale l'approfondimento delle analisi condotte speditivamente consente una prima valutazione del comportamento strutturale, inteso come individuazione di modelli interpretativi. In questa fase la relazione tra storia, lettura delle tecniche costruttive delle singole parti e dei rapporti costruttivi e diagnostica viene orientata di fatto ad una interpretazione anche del comportamento dell'organismo resistente.

Il terzo livello di approfondimento prevede la restituzione completa delle fasi costruttive e l'interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche), intendendo il raggiungimento della conoscenza delle fasi di trasformazione funzionale ad una coerente interpretazione del comportamento strut-

turale. Questo ultimo aspetto risulta di grande rilevanza nei termini di valutazione del livello di attendibilità e definizione della sensibilità del modello interpretativo che può trovare una sua ulteriore validazione attraverso il confronto tra comportamenti ipotizzati e danneggiamenti riscontrati nella fase di rilievo del danno.

Nella esplicitazione dei contenuti dei Fattori di Confidenza descritti, viene evidenziata la metodologia di restituzione dei risultati delle indagini, in particolare la necessità di indicare le fasi di trasformazione con grafici che consentano di caratterizzare le varie componenti dell'edificio con le relative epoche costruttive, il tutto accompagnato da una chiara esposizione delle argomentazioni che hanno portato all'individuazione della cronologia descritta siano esse storiografiche o basate su analisi delle murature, indagini stratigrafiche e comparazione con oggetti o elementi costruttivi riconducibili al manufatto indagato.

La presa d'atto dell'importanza dell'individuazione della sequenza costruttiva del manufatto e le relative implicazioni tra stato di conservazione e rischio sismico, si ripercuotono anche nel secondo punto citato in apertura che identifica l'ambito dell'allineamento della Direttiva alle NTC per quanto attiene l'aspetto specifico della prevenzione, quello relativo ad una migliore e più approfondita articolazione dello Stato Limite dei Beni Artistici SLA. In questo caso l'allineamento alle Norme Tecniche è legato principalmente al riferimento alla vita nominale V_n e a riflessioni sui cicli di manutenzione e controllo del bene tutelato⁸, il tutto per la determinazione dell'azione sismica di riferimento.

Per i manufatti appartenenti al patrimonio culturale il raggiungimento di un sufficiente livello di sicurezza è garantito attraverso il rispetto dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), nel caso di terremoti rari e di forte intensità, e dello Stato Limite di Danno (SLD) per terremoti meno intensi ma più frequenti⁹. Nel caso in cui il manufatto analizzato possieda delle caratteristiche in parti di esso o localizzate in ambiti definiti di uno stesso ambiente tali che un terremoto di riferimento di intensità e frequenza opportuno, possa provocare danni a parti o elementi che comportano una perdita irrimediabile al patri-

⁸ Il riferimento a cicli di controllo e manutenzione del bene è riferito ad una valutazione dello stato di conservazione.

⁹ SLV e SLD hanno definizioni tratte dalle NTC 2008.

monio culturale¹⁰, è necessaria la definizione di un nuovo stato limite specifico denominato Stato Limite per i Beni Artistici (SLA).

La definizione di queste caratteristiche è esemplificata attraverso l'elencazione di elementi come apparati decorativi su murature particolarmente sensibili al danneggiamento, anche parti complementari all'architettura come pinnacoli, statue e oggetti comunque vincolati alle strutture murarie o, in alcuni casi, di elementi murari la cui fattura presenta il carattere della rarità e la cui perdita non potrebbe essere compensata dalla numerosità degli individui simili esistenti. Gli elementi indicati possono presentare danni gravi anche non in presenza di consistenti danni strutturali occorrenza che, pur essendo possibile verificare adottando modelli di verifica allo SLD, ha consigliato l'individuazione di un nuovo Stato Limite di riferimento specifico, lo SLA. In questi casi gli Enti Territoriali preposti alla tutela possono imporre delle verifiche specifiche, circoscritte a particolari parti o macroelementi che dovranno essere analizzate con criteri e valutazioni specifiche.

Pertanto la richiesta di valutazione per lo Stato Limite dei Beni Artistici è rivolta esclusivamente a livello locale, nelle parti della costruzione che sono caratterizzate da elementi la cui perdita comporterebbe un danno irrimediabile al patrimonio culturale, in quanto non recuperabile con le procedure e i metodi della conservazione.

Per la verifica nei confronti dello SLA si potrà fare riferimento ad azioni sismiche caratterizzate da probabilità di eccedenza relativa allo Stato Limite di Danno ($P_{vr} = 63\%$) ma valutate in un periodo di riferimento specifico per il tipo di bene particolarmente sensibile al danneggiamento, $V_{ra} = nV_r$, periodo che si ottiene modificando il periodo di riferimento V_r tramite un coefficiente n . L'innovazione rappresentata da questa specificazione ha chiare implicazioni con il concetto di tutela. Innanzitutto è prevista una azione attiva diretta da parte degli enti territoriali di tutela che individuano le parti e gli elementi presenti che necessitano di una specifica valutazione e ne dichiarano l'intervallo di tempo necessario a sviluppare controlli, verifiche e eventuali manu-

¹⁰ Da intendere come danno che comporti una perdita non rimediabile con procedure proprie della conservazione.

tenzioni. Dall'altra si individua in modo chiarissimo e inequivocabile il concetto – e la prassi – della necessità del controllo nel tempo dello stato di conservazione del bene, associato questo al principio della manutenzione programmata.

Infatti il coefficiente n rappresenta il numero di cicli di controllo effettuati – e necessari – sul bene in un intervallo di tempo che è ritenuto utile al fine di verificare lo stato di conservazione nell'ambito di un programma di monitoraggio e controllo. In questo ambito lo SLA viene considerato a tutti gli effetti indipendente dallo SLD, infatti la modifica del periodo di riferimento porta ad assumere una probabilità di eccedenza sul periodo di riferimento $V_r = V_n C_u$ differenziata in funzione di n : $P_{vr} = 1 - 0,37^{1/n}$. Questo assunto di fatto consente di assumere un tempo di ritorno T_r maggiore con una corrispondente azione sismica più gravosa, in particolare per gli elementi più sensibili al danneggiamento e la cui perdita costituirebbe un danno irrimediabile con le metodologie della conservazione.