



EDIFICI ESISTENTI: PERCORSO METODOLOGICO DI VERIFICA DELLA SICUREZZA. PROTOCOLLO D'INTERVENTO (RETROFITTING STRUTTURALE).

Secondo il D.M. 17/01/2018: “*Si definisce costruzione esistente quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata.*”

In questa fattispecie, per costruzione di c.a. e di acciaio con struttura completamente realizzata si intende quella per cui, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, sia stata redatta la relazione a struttura ultimata ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. 06/06/2001 n. 380.

Per edifici in muratura con struttura completamente realizzata si intende quella per cui, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, sia stato redatto il certificato di collaudo statico ai sensi del D.M. 17/01/2018.

OBIETTIVO DELLA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA:

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.
- dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.

Tale valutazione dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile (funzione del Livello di Conoscenza).

Inoltre l'obiettivo dell'analisi strutturale è l'individuazione di una soglia di rischio accettabile, inteso come quel limite di accettabilità del rischio, per quanto possibile e ragionevole, che tenga conto sia della salvaguardia della vita umana e del bene da tutelare che di un'analisi costi-benefici.

Al fine di ridurre al minimo il rischio sismico residuo si proporranno eventuali interventi di adeguamento e/o miglioramento sismico sulle strutture investigate per classi di necessità ed urgenza, secondo le indicazioni e le aspettative del cliente.

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE DI UN EDIFICIO ESISTENTE:

Procedimento quantitativo volto a:

- stabilire se una struttura esistente è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle presenti norme;

OPPURE:

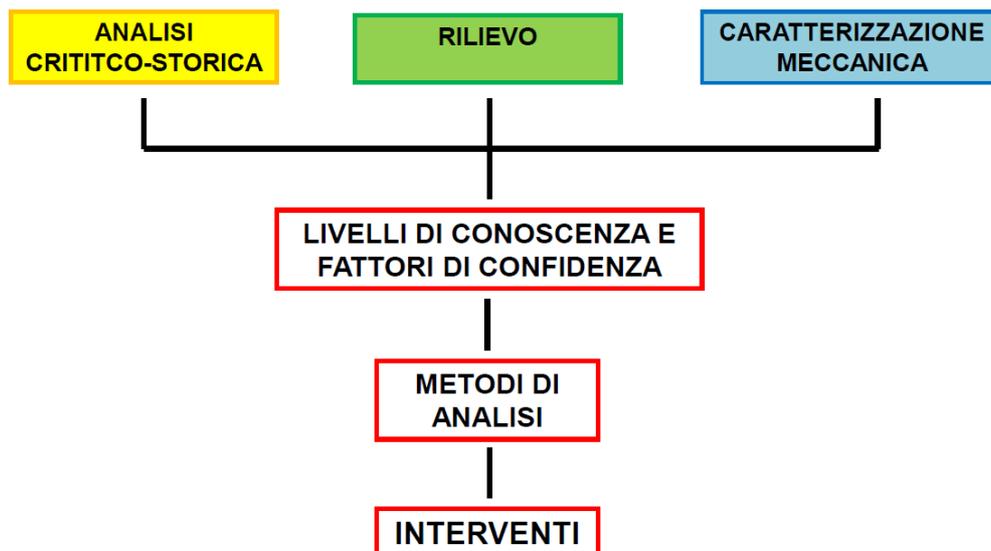
- determinare la **CAPACITA'** ovvero l'entità massima delle azioni... che la struttura è capace di sostenere, con i margini di sicurezza richiesti dalle presenti norme, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.



In base al par. 8.3 “Valutazione della sicurezza” del D.M. 17/01/2018:

- “La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:
- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione;
 - danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
 - provati gravi errori di progetto o di costruzione;
 - cambio della destinazione d’uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d’uso superiore;
 - esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
 - ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 ;
 - opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.”

Le “Norme tecniche delle costruzioni” (D.M. 17/01/2018) al Capitolo 8 - “Costruzioni esistenti” individuano la procedura per la valutazione della sicurezza strutturale di un edificio, che si può essere rappresentata dal seguente schema:



Pertanto si inizia con la valutazione dello stato di fatto e del "livello di conoscenza" dell'edificio per passare successivamente all'individuazione delle carenze strutturali (attraverso l’elaborazione dei dati raccolti e alle analisi numeriche) e agli eventuali interventi necessari a garantire un adeguato grado di sicurezza.



Nel dettaglio si seguiranno le seguenti fasi:

1 FASE: ANAMNESI (Ricostruzione della “storia clinica” dal punto di vista strutturale)

FASE 1a: ANALISI CRITICO-STORICA: fase preliminare di reperimento e studio di tutta la documentazione relativa all'edificio (elaborati grafici d'insieme e dei particolari costruttivi, caratteristiche e certificazioni dei materiali, relazioni geotecniche e geologiche).

Ricostruzione del processo di realizzazione dell'immobile (materiali d'archivio, iconografie, capitolati, stime) e delle sue modificazioni (ristrutturazioni, ampliamenti, sopraelevazioni, ecc.) insieme ad eventuali riparazioni a seguito di eventi calamitosi (terremoti, incendi, trombe d'aria, ecc.).

Individuazione dei carichi d'esercizio dichiarati in sede di progettazione e di eventuali variazioni di destinazione d'uso con aumento dei sovraccarichi.

Studio delle tecnologie storiche afferenti ai momenti della costruzione (manuali e trattati dell'epoca).

Reperimento delle norme tecniche utilizzate per i dimensionamenti strutturali dal progettista all'epoca della costruzione.

Infatti il D.M. 17/01/2018 recita:

“La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi su costruzioni esistenti devono tenere conto dei seguenti aspetti:

- *la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;*
- *possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e di realizzazione (il progetto può contenere difetti di impostazione concettuale e di realizzazione non immediatamente visibili);*
- *la costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;*
- *le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.”*

FASE 1b: RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO e SOPRALUOGO: Il rilievo si compone di un insieme di procedure relazionate e mirate alla conoscenza della geometria esterna delle strutture, dei dettagli costruttivi e l'identificazione del sistema resistente alle forze orizzontali in entrambe le direzioni.

Verifica, mediante sopralluogo, della corrispondenza con gli elaborati disponibili (geometria delle strutture e dei dettagli costruttivi) e dello stato di conservazione delle strutture.

Vengono rilevati e rappresentati:

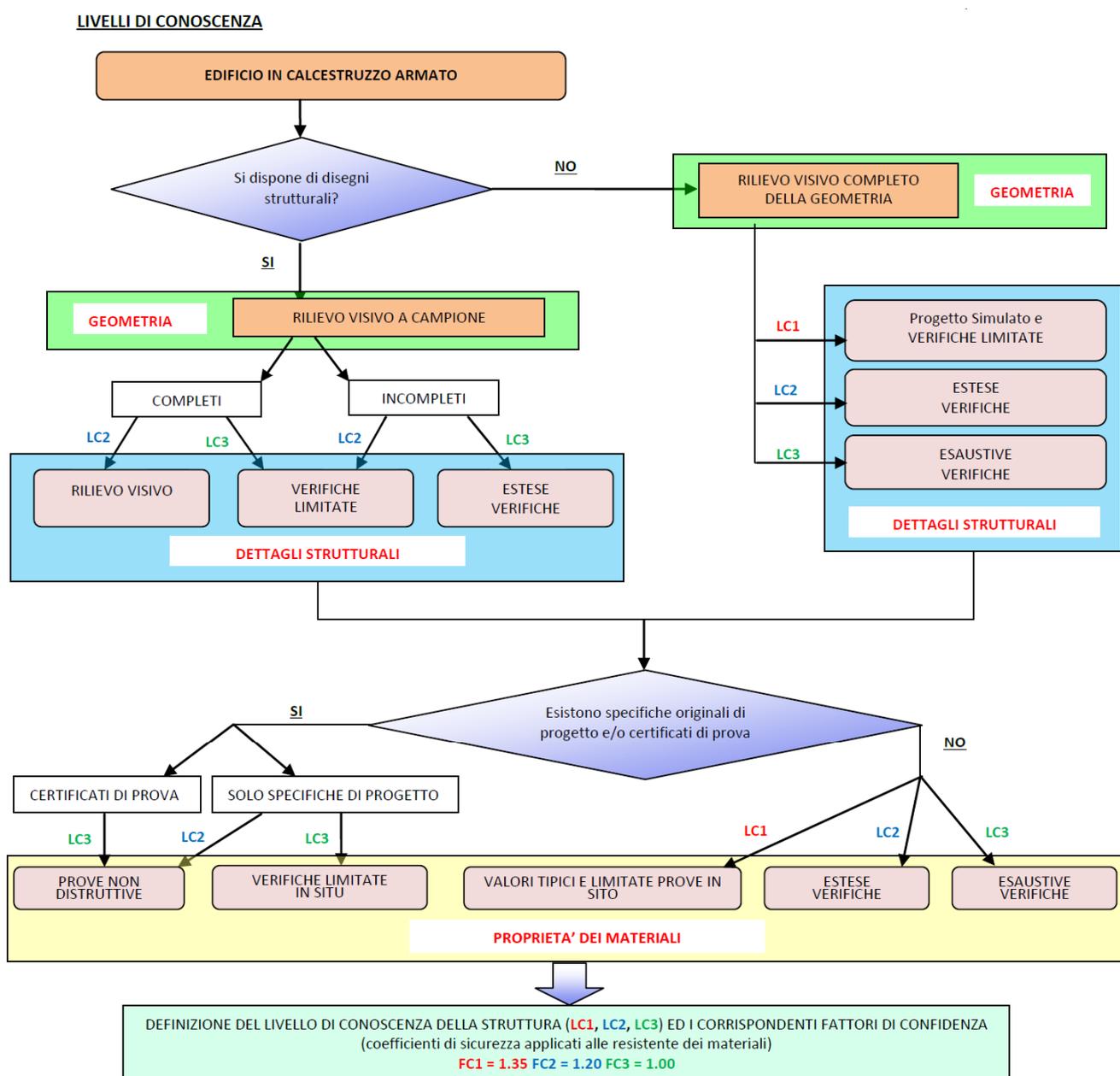
- il quadro fessurativo: classificazione delle lesioni e tipologia del meccanismo associato (distacco, rotazione, scorrimento, spostamenti fuori del piano, etc.);
- il quadro deformativo (evidenti fuori piombo, rigonfiamenti, depressioni nelle volte, etc.);
- individuazione delle riparazioni o degli interventi eseguiti in epoche passate.



FASE 1c: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI MEDIANTE INDAGINI IN SITU: fase di valutazione, mediante una campagna di verifiche visive in situ e di indagini sperimentali, delle reali caratteristiche dei materiali (calcestruzzo e acciaio) finalizzata per una corretta valutazione del livello di sicurezza strutturale. Il numero di prelievi di campioni da esaminare e di prove di laboratorio è definito dal "livello di conoscenza" prescelto (D.M. 14/01/2008 - par. 8.5.4 e C.M. n.617 del 02/02/2009 - Appendice C8A).

I valori delle resistenze meccaniche dei materiali vengono valutati sulla base delle prove effettuate sulla struttura e prescindono dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni.

Pertanto le prime 3 fasi individuano lo stato di fatto ed il livello di conoscenza dell'edificio e possono essere riassunte dal seguente schema:





2 FASE: ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA: DEFINIZIONE DELLE PRESTAZIONI RICHIESTE (DOMANDA O AZIONE SISMICA DI PROGETTO): fase di valutazione della:

- sismicità dell'area (analisi della pericolosità del sito) mediante il reperimento di dati nei cataloghi dei terremoti (INGV - Zonazione sismogenetica ZS9 e il catalogo CPTI15). Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (R.S.L.) mediante specifiche analisi (C.M. n.617 del 02/02/2009 - par. C7.11.3.1). In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (D.M. 17/01/2018 - Tab. 3.2.II e 3.2.III) e sulle condizioni topografiche.
- identificazione della destinazione d'uso dell'edificio;
- livello di protezione sismica richiesto/accettato.

3 FASE: DIAGNOSI (Individuazione delle patologie congenite, dei difetti costruttivi e dei fattori di vulnerabilità dell'edificio)

Un aspetto importante del percorso diagnostico è la **rilevazione delle carenze delle strutture**.

Le norme tecniche NTC 2018 dettano la “regola dell’arte”, cioè un insieme accorgimenti strutturali che garantiscono un buon comportamento statico e dinamico. Il mancato rispetto della “regola dell’arte” genera inevitabilmente una carenza strutturale.

In letteratura si definiscono carenze strutturali gravi quelle carenze che possono essere causa di notevole vulnerabilità per l’edificio, come:

- assenza o inefficacia di elementi e/o sistemi che garantiscono un buon comportamento globale della struttura;
- scarsa resistenza offerta dai materiali costituenti i singoli elementi strutturali;
- carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili;
- presenza di irregolarità plano-altimetriche;
- presenza di spinte non eliminate;
- gravi carenze nelle fondazioni;
- altre.....

Queste carenze possono essere dovute a **difetti di impostazione concettuale nella progettazione** oppure a **errori di realizzazione**, anche non immediatamente visibili.

Le norme tecniche NTC18 ricordano **“la costruzione riflette le conoscenze dell’epoca”** per cui sistemi oggi indicati come carenti ai fini sismici potevano essere consuetudine costruttiva in epoche passate.

Inoltre gli edifici esistenti possono essere **stati soggetti a terremoti passati** o di **altre azioni accidentali i cui effetti non sono manifesti**, quindi è fondamentale l’informazione sulla natura e l’entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.



Infine il cattivo stato di conservazione e/o di manutenzione può avere riflessi negativi sull'efficienza delle strutture (ad esempio solai in legno fatiscenti, stato di fessurazione per interventi precedenti al sisma e/o ammaloramento delle murature conseguente a carenza o caduta di intonaci, ecc....).

4 FASE: PROGnosi (Giudizio di previsione sul probabile comportamento strutturale a seguito di evento sismico) LIVELLO DI SICUREZZA (CAPACITA'/DOMANDA) DELLO STATO DI FATTO:

viene elaborato un modello strutturale ad elementi finiti della struttura. Viene eseguita quindi un'analisi dinamica che descrive la situazione generale sullo stato dell'edificio (privo degli interventi di riabilitazione) ed individua gli elementi strutturali critici. Tutte le osservazioni, i risultati delle elaborazioni eseguite e delle eventuali prescrizioni vengono raccolti in un documento di sintesi (Attestato di certificazione sismica) firmato da un tecnico abilitato.

5 FASE: RETROFITTING STRUTTURALE (TERAPIA) - PROGETTO DI RIABILITAZIONE: gli interventi che vengono progettati per rendere un edificio antisismico sono suddivisibili in 2 fasi:

- **FASE 5a:** interventi di rinforzo locale. La prima fase prevede l'eliminazione delle principali carenze sismiche della struttura, mantenendo lo schema statico della struttura. Comprende una serie di interventi di rinforzo locale. Questa fase è propedeutica alla fase **6b**.

Alcune tipologie di intervento di rinforzo locale:

- connessioni meccaniche eseguite con profili metallici;
- incamiciatura in acciaio;
- incamiciatura in c.a.;
- consolidamento con materiali compositi: FRP;
- iniezioni di malta a ritiro compensato o resina epossidica;
- Spritz-beton (Shotcrete).

- **FASE 5b:** interventi di miglioramento / adeguamento sismico. Comprende interventi globali che portano la struttura a raggiungere maggiori livelli di sicurezza.

Alcune tipologie di interventi di miglioramento o adeguamento:

- incamiciatura in c.a.;
- incamiciatura in acciaio;
- incamiciatura in acciaio mediante la tecnica beton plaquè (incollaggio mediante resina epossidica);
- aggiunta di nuove pareti in cemento armato;
- aggiunta di un nuovo sistema di controventi in acciaio;



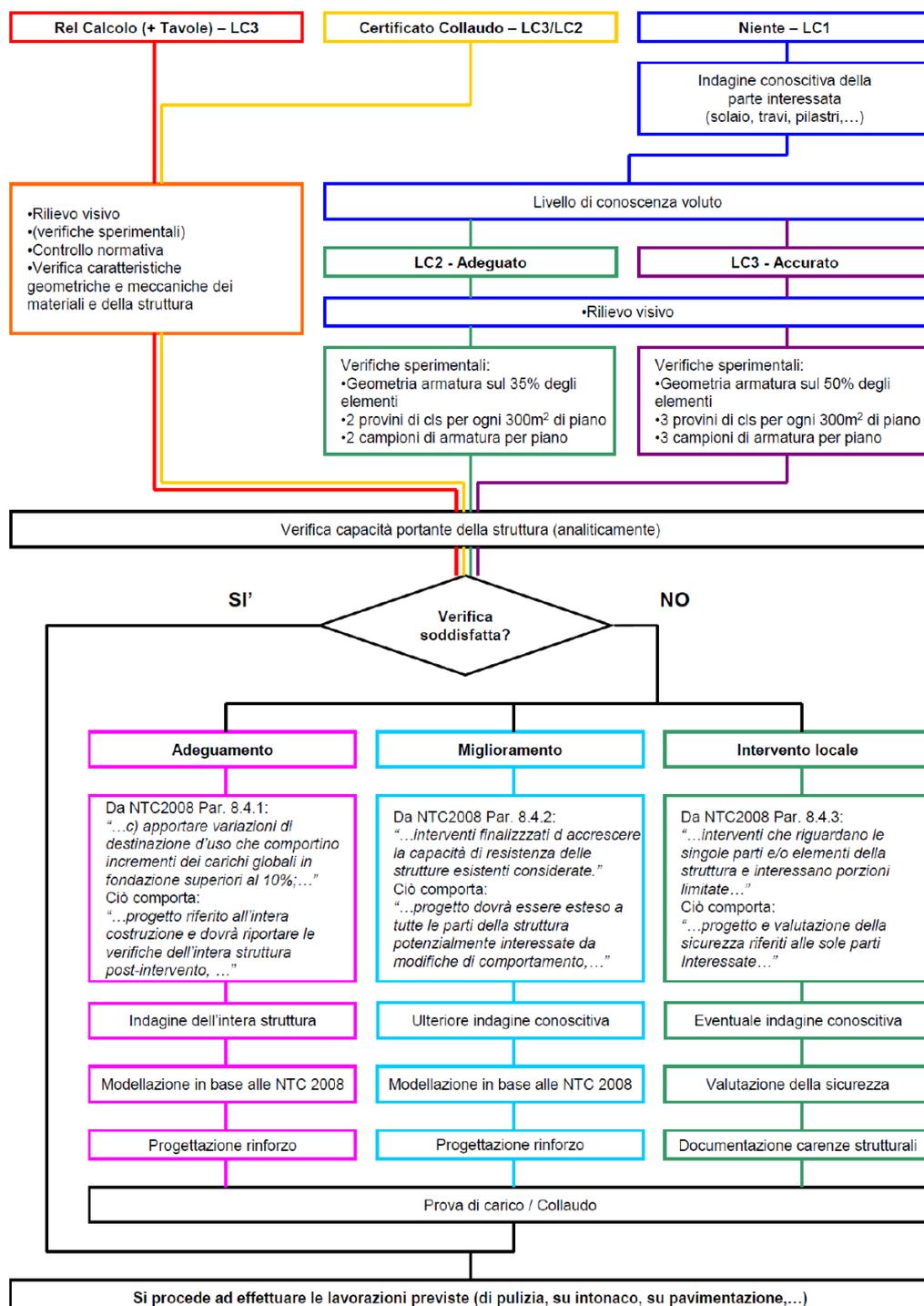
- inserimento di dissipatori energetici.

Si precisa che il D.M. 17/01/2018 classifica gli interventi in:

- intervento di "**adeguamento**": quando si raggiungono le condizioni di completa sicurezza previste dal D.M. 17/01/2018, "Norme tecniche delle costruzioni".
- interventi di "**miglioramento**": quando si aumenta la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;

Pertanto le fasi 4, 5 e 6 possono essere riassunte dal seguente schema:

PROCESSO DI INDAGINE





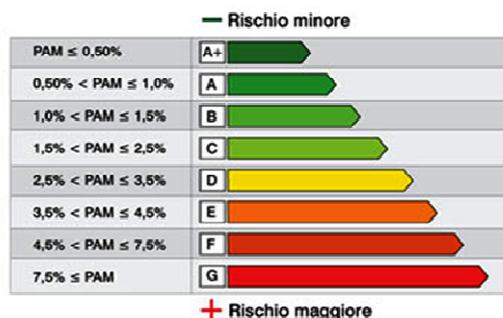
6 FASE: LIVELLO DI SICUREZZA (CAPACITA'/DOMANDA) DELLO STATO DI PROGETTO:

viene elaborato un nuovo modello strutturale ad elementi finiti della struttura. Viene eseguita quindi un'analisi dinamica che descrive la situazione dell'edificio comprensivo degli interventi di riabilitazione (FASI 6a e 6b). I risultati delle elaborazioni eseguite ed il dimensionamento degli interventi necessari per la messa in sicurezza dell'edificio vengono raccolti nella Relazione di calcolo, firmata da un tecnico abilitato, da consegnare nel Comune competente in cui è contenuto un nuovo "Attestato di certificazione sismica" della situazione modificata.

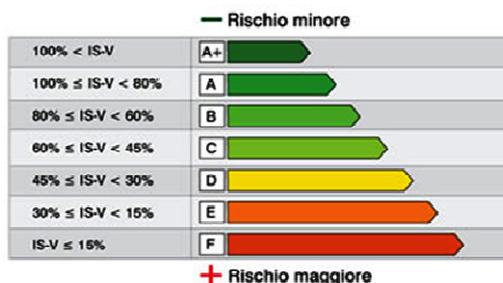
CERTIFICAZIONE SISMICA:

Le "Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni" (**Allegato A del DM del 7 Marzo 2017, n. 65**) definiscono **otto classi di rischio** per gli edifici, dalla lettera **A+** (meno rischio) fino alla **G** (più rischio) identificate sulla base di due parametri:

- "Perdita Annuale Media attesa" (**PAM**) intesa come il costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita utile della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione;



- "Indice di Sicurezza" (**IS-V**) o "Indice di Rischio", definito come il rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo che determina il raggiungimento dello "Stato Limite di Salvaguardia della Vita" e quella prevista, in sito, per un nuovo edificio.



Il progettista incaricato, attraverso i metodi previsti dal D.M. 65/2017, dovrà quindi **determinare la classe di rischio** di appartenenza dell'edificio, intesa come la **peggiore individuata dai suddetti parametri** (PAM e IS-V), e i relativi interventi da eseguire per poter ottenere una riduzione del rischio stesso e accedere alle agevolazioni previste dalla Legge di Stabilità 2019.