

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE VERIFICHE DEI LIVELLI DI SICUREZZA STRUTTURALE DI EDIFICI/INFRASTRUTTURE ESISTENTI STRATEGICHE/RILEVANTI DI PROPRIETÀ PUBBLICA.

(ATTUAZIONE D.D. n. 313 del 30/07/2019, in BURC n.46 del 05/08/2019, recante “*Manifestazione di interesse per la concessione di contributi finalizzati alla redazione di perizie per la sicurezza sismica degli edifici/infrastrutture di interesse strategico o rilevante di proprietà pubblica*”)

1 PREMESSE

Nel presente documento vengono definiti i criteri e le specifiche tecniche da adottarsi per l'espletamento degli incarichi di valutazione dei livelli di sicurezza strutturale di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali di proprietà pubblica la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile (*edifici e opere infrastrutturali strategiche*) ed edifici e opere che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un collasso (*edifici e opere infrastrutturali rilevanti*), individuati con la manifestazione di interesse di cui al D.D. n. 313 del 30/07/2019 (in BURC n.46 del 05/08/2019).

Le specifiche appresso riportate, da intendersi aggiuntive rispetto a quelle minime inderogabili richieste dalle vigenti Norme Tecniche, nascono dalla primaria esigenza di ottenere **risultati omogenei e confrontabili sul territorio regionale**, condizione necessaria per l'attuazione di sempre più efficaci politiche di prevenzione e riduzione del rischio sismico su scala regionale. In secondo luogo, la razionalizzazione del percorso logico deduttivo connesso alle valutazioni di sicurezza, costituisce un indubbio vantaggio sia per i soggetti incaricati, sia per gli addetti al controllo, gestione e processamento dei dati, con il risultato generale di un'ottimizzazione dei connessi tempi e oneri di attuazione.

Le presenti indicazioni sono concepite essenzialmente per edifici in cemento armato o muratura, ma costituiscono comunque un riferimento, almeno in termini di impostazione della documentazione, anche per le altre tipologie di costruzioni esistenti.

2 DESCRIZIONE DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche da effettuarsi dovranno essenzialmente servire ad accertare le condizioni di sicurezza delle singole unità strutturali, attraverso la valutazione della loro capacità di sopportare i carichi statici e le azioni sismiche ed il confronto con le azioni attese in ciascun sito, oltre alle specifiche appresso riportate.

Sulla scorta dei dati raccolti e delle prove previste dalle norme di cui al D.M. 17.01.20018 e circolare ministeriale n. 7/2019, dovranno essere effettuate le modellazioni numeriche per la definizione dei livelli di sicurezza nonché la determinazione dei valori di accelerazione al suolo corrispondenti agli stati limite definiti dalle norme tecniche vigenti e dei loro rapporti con le

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

accelerazioni attese, preceduta da una preventiva valutazione della costruzione in presenza dei soli carichi gravitazionali.

Tutta la documentazione dovrà essere resa in forma digitale e sottoscritta digitalmente dal soggetto verificatore incaricato. In particolare, si precisa che a corredo delle **relazioni e allegati**, da produrre in formato pdf, dovranno essere consegnati gli **elaborati grafici** dei rilievi effettuati in formato **DXF o DWG compatibile** e la **“Scheda di sintesi della verifica sismica di L1/L2”**, tutti firmati elettronicamente nel formato .p7m. Inoltre, per l’ottimizzazione dei processi di informatizzazione e gestione dei dati, è richiesta la compilazione della **“Scheda dati verifica sismica”** (allegato *1D-edifici* ovvero allegato *1E-ponti*) in formato .xls in cui sono riportati i parametri caratterizzanti la verifica condotta.

La valutazione di sicurezza deve essere eseguita ai sensi delle vigenti norme tecniche per le costruzioni NTC18 (D.M. 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8) e Circolare del Consiglio dei Lavori Pubblici 21 gennaio 2019, n.7 “Istruzioni per l’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (G.U. Serie Generale n.35 dell’11 febbraio 2019, s.o. n.5), nel seguito CNTC18. Per quanto non diversamente specificato nella succitata normativa, il verificatore potrà fare riferimento, motivandolo adeguatamente, ai documenti di comprovata validità di cui al capitolo 12 delle vigenti Norme Tecniche.

L’incarico prevede l’espletamento delle seguenti prestazioni descritte e organizzate come di seguito riportato.

3 ELABORATO FASE I - Raccolta dati

Tutti i dati raccolti in questa fase dovranno essere organizzati in un elaborato costituito dalle seguenti sezioni:

3.1 “Premesse”

In questo paragrafo iniziale il verificatore strutturale avrà cura di riportare sinteticamente le informazioni principali afferenti l’affidamento dell’incarico tra cui la denominazione e ubicazione dell’edificio, dati catastali, gli estremi dell’incarico, l’ente proprietario, il richiamo dei principali atti amministrativi, tra cui il presente documento, ed ogni altra informazione utile ad introdurre l’incarico assegnato. Verranno evidenziate, altresì, la normativa tecnica di riferimento - nella fattispecie NTC2018 e relativa Circolare applicativa 7/2019 - e per quanto non diversamente specificato, i documenti di comprovata validità di cui al capitolo 12 delle vigenti Norme Tecniche. Anche le precedenti NTC08 e la Circ. 617/09 possono fornire utili indicazioni, laddove non in contrasto con le vigenti NTC18.

3.2 “Raccolta della documentazione esistente”

Preliminarmente si provvederà all’acquisizione degli atti e dei documenti necessari per la ricostruzione storico-critica strutturale del manufatto oggetto di valutazione (presso Enti Pubblici e non).

La ricerca del progetto strutturale originario è un atto dovuto, pertanto è necessario

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

relazionare sulle ricerche effettuate e sull'esito di queste. Nel caso non si sia riuscito a reperire da altra fonte una significativa quantità e qualità di documenti strutturali, è necessario allegare la copia della richiesta di accesso agli atti presentata presso gli uffici tecnici di riferimento. Nel caso non sia possibile reperire (in parte o completamente) la documentazione elencata, è comunque importante individuare il periodo sia di progettazione che di realizzazione dell'edificio in esame ed individuare la normativa di riferimento dell'epoca. In tale elaborato verrà quindi riportato l'elenco dettagliato della documentazione rinvenuta e i richiami agli specifici allegati a corredo.

3.3 “Descrizione dell'immobile, analisi storico critica ed elaborati grafici”

In questo elaborato verrà riportata una chiara ed esaustiva descrizione della costruzione e dello stato generale di conservazione, con particolare riferimento alle strutture. Dovranno essere indicate, anche con l'ausilio di grafici e tabelle, le seguenti informazioni:

- inquadramento della costruzione nel contesto territoriale: stralcio aerofotogrammetrico, stralcio catastale e foto satellitari (es. Google Earth);
- principali dati metrici (numero di piani fuori terra e eventuali interrati, cubatura globale dallo spiccatto delle fondazioni, superficie di piano, altezze interpiano);
- descrizione dell'organizzazione funzionale interna (destinazioni d'uso);
- illustrazione del sistema costruttivo che caratterizza l'opera, tipologia e ubicazione dei materiali presenti, descrizioni tipologica dei principali elementi rilevanti ai fini della caratterizzazione strutturale del manufatto quali ad esempio: fondazioni, elementi resistenti verticali primari (pilastri, setti, maschi murari, etc.), elementi resistenti orizzontali primari (travi, elementi in c.a.p, fasce murarie, etc.), orizzontamenti (solai, volte e coperture di altro genere);
- descrizione delle parti non strutturali che possono contribuire alla resistenza sismica dell'edificio (ad esempio le tamponature e i tramezzi in muratura negli edifici in c.a.);
- descrizione degli eventuali dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all'individuazione dei **quadri fessurativi** e dei **meccanismi di danno** in atto o potenzialmente attivabili;
- elenco dei **principali elementi di vulnerabilità e carenze strutturali rilevate** per ciascuna u.s.;
- chiaro schema delle unità strutturali oggetto di verifica e delle dimensioni dei giunti presenti, nel caso di edifici facenti parte di un **aggregato edilizio** o edifici composti da più unità strutturali.

Il tecnico illustrerà, anche con l'ausilio di opportuni schemi grafici, l'evoluzione strutturale subita nel tempo e le informazioni circa eventuali interventi di consolidamento strutturale eseguiti, con indicazione dell'epoca di progettazione e realizzazione degli stessi. In tale fase andranno fornite informazioni circa la **sismicità storica** del sito (utile riferimento all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) e il relativo comportamento strutturale evidenziando gli eventuali danni patiti.

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

Nella relazione andranno riportati i principali schemi grafici al fine di fornire un'immediata visione della costruzione oggetto di valutazione.

E' sempre necessario produrre almeno i seguenti grafici strutturali, in scala adeguata e opportunamente quotati: carpenterie per ciascun livello, pianta delle coperture; numero adeguato di sezioni e prospetti (finalizzata ad una esaustiva comprensione della struttura) e particolari costruttivi ritenuti significativi che hanno diretta influenza sulla modellazione.

3.4 “Piano indagini e livello di conoscenza”

Il piano indagini risulta di fondamentale importanza per una corretta modellazione e valutazione della sicurezza, influenzando direttamente sia il tipo di analisi effettuabile che i vari fattori parziali dei materiali e delle azioni. Il rilievo geometrico dei principali elementi strutturali deve essere sempre completo e dettagliato, a prescindere dal livello di conoscenza raggiunto e comunque adeguato alla messa a punto del modello di calcolo.

Al fine di indirizzare in maniera critica le indagini distruttive e non, è preferibile effettuare delle analisi numeriche preliminari sulla struttura sulla base del rilievo geometrico e delle informazioni reperite. Nel caso di edifici in cemento armato, è opportuno privilegiare l'elemento pilastro (che non risulti fortemente sollecitato in condizioni statiche) rispetto all'elemento trave.

Il piano indagini, deve essere finalizzato al raggiungimento di un **livello di conoscenza LC2** con la realizzazione di saggi ed indagini sui materiali costituenti le strutture secondo tipologie di prova e livello di dettaglio conformi alle norme vigenti Nazionali. Si evidenzia che le indicazioni riportate nelle norme circa la quantità di indagini/elementi da indagare hanno carattere orientativo.

Nel caso in cui il raggiungimento di un livello di conoscenza LC2 risulti oggettivamente non possibile, in relazione al caso specifico ovvero alle risorse economiche stanziare, è ammesso procedere con un livello di conoscenza LC1 previo specifico nulla osta rilasciato dall'Amministrazione regionale, sulla scorta di una motivata relazione. In ogni caso, occorre dimostrare di aver destinato per l'esecuzione del suddetto piano indagini una risorsa pari ad **almeno** il 25% del contributo.

Le indagini su **solai** e **volte**, andranno illustrate nel piano indagini evidenziando le seguenti informazioni: stratigrafie degli impalcati, analisi dello stato di degrado delle strutture; verifica dello stato deformativo, grado di connessione alle pareti, oltre che la presenza, nel caso di strutture in muratura, dell'eventuale cordolo. Nel caso di solai o volte che mostrino significativi segni di deformazione permanente o di cui si abbiano dubbi circa la prestazione strutturale statica per carichi verticali, è opportuno che vengano eseguite specifiche prove. Per elementi precompressi quali tegoli o travi, nel caso in cui non vengano reperite informazioni specifiche, vale quanto specificato per solai e volte.

Occorrerà riportare obbligatoriamente l'elenco di tutte le prove eseguite nell'ambito del piano indagini effettuato e sintetizzare i risultati delle indagini sui materiali in una apposita tabella, rimandando allo specifico allegato per opportuni approfondimenti. L'ubicazione e tipologia delle indagini effettuate, sempre obbligatoria, andrà riportata nella relazione ovvero

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

in specifico allegato.

Nel caso in cui le prove, con particolare riferimento a quelle distruttive, effettuate sugli elementi in c.a. restituiscono valori palesemente e diffusamente bassi, anche rispetto alla normativa dell'epoca di costruzione o comunque inferiori a $f_{cm} < 100 \text{ DaN/cm}^2$, ovvero nel caso in cui le armature presentino uno stato di degrado tale da ipotizzare la presenza di rischio grave ed attuale, il tecnico verificatore dovrà immediatamente informare sia l'Ente proprietario che l'Amministrazione regionale per la valutazione delle azioni consequenziali. In tal caso, al tecnico verificatore spetterà un compenso stabilito dall'Amministrazione regionale commisurato alle attività effettivamente svolte comprensivo delle spese effettuate.

Per la caratterizzazione del terreno, in mancanza di chiare ed inequivocabili **informazioni di carattere geologico e geotecnico** (ad esempio desumibili da studi pregressi in prossimità del sito dell'opera investigata), andranno previste prove specifiche, fermo restando l'obbligatorietà delle stesse in relazione alle condizioni che determinano la necessità o meno della verifica del sistema terreno-fondazione [§ 8.3 delle NTC]. In ogni caso si dovrà inquadrare la natura dei terreni superficiali avvalendosi delle carte geologiche dell'ISPRA (Progetto CARG). Anche se non oggetto della valutazione della sicurezza strutturale, dovranno essere evidenziate potenziali criticità di carattere geologico/geomorfologico ed effettuata l'identificazione di eventuali vincoli idrologici riportati nelle cartografie tematiche.

4 ELABORATO FASE II - Elaborazione dei dati raccolti

Tutti i dati raccolti in questa fase dovranno essere organizzati in un elaborato costituito dalle seguenti sezioni:

4.1 “Caratteristiche dei materiali”

Le resistenze di calcolo adottate nelle analisi andranno esplicitate e motivate, con le dovute distinzioni per elementi/meccanismi fragili e elementi/meccanismi duttili e con l'indicazione dei vari coefficienti utilizzati nel caso statico e sismico (γ_M , γ_F , F_C); occorre, inoltre, elencare anche le principali caratteristiche dei materiali come, ad esempio, i moduli elastici E , G , E_{fess} e i pesi unitari dei materiali.

Per la caratterizzazione delle murature si farà riferimento alla tabella C.8.5.I ed eventualmente alla C.8.II. E' obbligatorio esprimere sempre un giudizio sulla qualità della malta, sullo spessore dei giunti di malta, sul grado di connessione tra i paramenti murari, sulla presenza di listature, sulla consistenza del nucleo interno ai paramenti evidenziando possibili situazioni di precoce disgregazione della muratura; a tal proposito si evidenzia che i valori delle resistenze riportati nella circolare vanno ridotti opportunamente qualora le malte presentino caratteristiche molto scadenti, così come indicato al § C.8.5.3.1 della CNTC18.

Per la caratterizzazione delle barre di armatura degli elementi in c.a., può risultare utile la consultazione della banca dati relativa alle prove di trazione su barre di acciaio effettuate e

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

registrate presso il Laboratorio Sperimentale del Dipartimento di Ingegneria Strutturale della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Napoli Federico II implementate nel software STIL (v 1.0) del Consorzio ReLUIS.

4.2 “Analisi dei carichi e Combinazioni delle azioni”

Occorre l'individuazione dei carichi agenti con esplicita analisi dei carichi G_1 , G_2 e Q [tab. 3.1.II NTC18] oltre che le azioni, se ritenute significative, di vento e neve.

Nel documento verranno altresì riportate indicazioni in merito a:

- combinazioni adottate per le verifiche statiche;
- combinazioni adottate per le verifiche sismiche;
- eccentricità di piano considerate (solo caso di impalcati rigidi);
- coefficienti di combinazione adottati [tab. 2.5.1 NTC18].

4.3 “Caratteristiche di regolarità strutturale”

Nella presente sezione andranno valutate punto per punto le condizioni di regolarità in pianta e in altezza richiamate al § 7.2.1 delle NTC18 producendo a corredo calcoli analitici ed eventuali schemi grafici.

4.4 “Definizione dei parametri sismici”

Si riporteranno i principali parametri sismici di riferimento per la definizione delle azioni sismiche per i vari stati limite considerati - sia di base (T_r 475anni) che in relazione alla classe d'uso della costruzione – evidenziando, in particolare, la presenza di effetti di amplificazione stratigrafica e topografica (per un maggior controllo di tali parametri è possibile fare riferimento al software “Spettri di risposta” predisposto dal Consiglio Superiore dei LLPP).

L'individuazione della classe d'uso deve essere coerente con le categorie di edifici e infrastrutture strategiche (IV) e rilevanti (III) di competenza statale e regionale individuate rispettivamente con D.P.C.M. 21/10/2003 n.3685 e delibera di Giunta Regionale n.3573 del 5/12/2003 (B.U.R.C. n. 4 del 26/01/2004).

Per le valutazioni di sicurezza sismica si assume una vita nominale $V_N=50$ anni [§ C2.4.1 CNTC18].

4.5 “Modellazione e Analisi”

Il modello strutturale adottato deve caratterizzare in modo adeguato la reale geometria, la distribuzione delle masse e delle rigidità effettive (pur nelle necessarie schematizzazioni ed esemplificazioni) e restituire il comportamento delle strutture sotto le azioni a cui è soggetta.

Nella presente sezione andranno descritti adeguatamente i modelli di calcolo utilizzati nelle analisi e tutti gli aspetti critici della modellazione (vincoli esterni, vincoli interni, piani rigidi etc) fornendo, per ottimizzare le attività di controllo/verifica, anche rappresentazioni

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

grafiche tridimensionali a colori che consentano una chiara visualizzazione della geometria strutturale, della consistenza materica, dei carichi applicati e delle assegnazioni numeriche di nodi ed elementi.

Nelle situazioni più complesse, caratterizzate da una risposta sismica incerta o difficilmente quantificabile, è ammessa l'adozione del criterio di fascia individuando due situazioni limite nel cui intervallo è ragionevolmente compreso il comportamento strutturale "reale".

Per le **strutture in muratura** dovranno essere riportate le informazioni significative relative al funzionamento e ruolo dei maschi e delle fasce murarie.

Nel caso delle analisi sismiche su tali tipologie di edifici occorrerà valutare preventivamente, (sulla base delle carenze nelle connessioni, dei dettagli costruttivi rilevati durante i sopralluoghi e l'esecuzione delle indagini) la possibile attivazione di **meccanismi di collasso locale** fuori dal piano delle pareti, con i metodi previsti dalle NTC quali ad esempio l'analisi cinematica lineare o non lineare. Nello svolgimento di tali analisi, andranno adeguatamente considerati gli effetti della limitata resistenza a compressione della muratura (arretramento cerniera) e eventuali presidi efficaci contro il ribaltamento ovvero il contributo dell'attrito connesso, ad esempio, alla presenza di cordoli; inoltre, a meno che non sia in atto un distacco evidente dalle pareti ortogonali o che queste siano totalmente prive di ammorsamento, le forze attrittive andranno messe in conto con l'espressione C.8.7.1.2 della CNTC18.

In particolare, il criterio di fascia può risultare utile anche nel caso in cui il ruolo degli orizzontamenti nel piano (inteso come capacità di ripartizione delle forze sismiche ed efficacia delle connessioni tra i vari elementi strutturali) non sia facilmente determinabile. In accordo al § 8.7.1 della CNTC, per l'analisi globale, sarà necessario riferirsi a due modelli:

- solai rigidi (la verifica delle pareti verrà effettuata considerando la ripartizione delle forze sismiche in base alla rigidità delle pareti murarie);
- solai deformabili (la verifica delle singole pareti o sistemi di pareti complanari verranno effettuate considerando le azioni calcolate per aree di influenza dei solai vincolati, tenendo conto, sempre per aree di influenza, delle azioni derivanti dalle pareti ortogonali).

Nelle strutture in **cemento armato** andrà rilevata la presenza di tamponature consistenti confinate nella maglie strutturali e saranno tenute in conto nelle analisi (anche in forma semplificata ad esempio con delle bielle equivalenti) se in grado di influenzare negativamente la risposta strutturale. Per la definizione delle armature, nel caso si proceda con la tecnica del "progetto simulato", andranno dettagliatamente riportati i riferimenti normativi dell'epoca di costruzione fermo restando le verifiche di rispondenza a campione previste dalle NTC; andranno, inoltre, esplicitati gli schemi e le ipotesi di calcolo utilizzati per la stima delle armature.

Nell'ambito della valutazione della sicurezza degli edifici esistenti in cemento armato e muratura sotto le azioni sismiche, l'analisi che meglio rappresenta il giusto compromesso tra

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

affidabilità e oneri computazionali, è rappresentata dalla **statica non lineare** che, quindi, rappresenterà il metodo normale a cui dovranno conformarsi i tecnici verificatori. L'adozione di analisi lineari, che comunque è opportuno effettuare preliminarmente (assumendo il fattore di comportamento indicato ai §§ C.8.5.5.1 e C.8.5.5.2 della CNTC), è ammessa, in sostituzione di quelle non lineari, nei casi in cui queste ultime siano espressamente non consentite ai sensi delle NTC ovvero in casi eccezionali che vanno adeguatamente motivati e comunque previo nulla osta da parte dell'Amministrazione regionale.

I risultati delle analisi dovranno essere sintetizzati in forma tabellare per le varie analisi effettuate e per i vari stati limite considerati (SLC, SLV, SLD, SLO) esplicitando i casi in cui q^* eccede il limite ammesso dalle NTC ($q^*=3$ per lo SLV e $q^*=4$ per SLC).

Per la verifica della vulnerabilità sismica dei beni del **patrimonio culturale vincolato**, il riferimento normativo, nelle more dell'emanazione di ulteriori disposizioni, è costituito dal D.P.C.M. 9 febbraio 2011 “*Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*”. La verifica di sicurezza sismica sarà condotta secondo l'approccio LV3, salvo deroghe afferenti casi particolari, espressamente concesse dall'Amministrazione regionale.

Non sono ammesse analisi semplificate (neppure per edifici definiti “*semplici*”) se non quelle espressamente previste dalle vigenti norme tecniche per gli edifici in **aggregato**. Con riferimento a tale fattispecie, si farà riferimento ai § 8.7.1 NTC18 e § C8.7.1.2 CNTC18 evidenziando i criteri adottati per tenere conto nel modello, anche in maniera semplificata, dell'interazione dell'unità strutturale oggetto di analisi con le strutture in aderenza.

4.6 “*Valutazione della sicurezza*”

La **valutazione della sicurezza** sismica deve essere preceduta da una preventiva **valutazione sotto le azioni di tipo statico** finalizzata all'individuazione di eventuali criticità anche nei riguardi di eventuali dissesti ovvero condizioni di degrado avanzato.

Qualora il verificatore, sentito l'Ente proprietario, ritenesse non necessario eseguire specifiche analisi numeriche, dovrà motivare tale scelta esprimendo un “giudizio esperto” sulla sicurezza evidenziando l'assenza di condizioni di rischio grave ed attuale. In caso contrario è opportuno effettuare le analisi numeriche con le indicazioni di seguito riportate.

Le verifiche sotto tali azioni, ed in particolare il loro mancato soddisfacimento (spesso dovuto al degrado dei materiali, errori progettuali o di esecuzione) determina, di norma, dirette conseguenze e limitazioni all'uso della costruzione. Altre volte, l'esito negativo delle verifiche numeriche è fortemente influenzato dal grado di approfondimento delle indagini eseguite ovvero a scelte troppo cautelative e/o semplificazioni in fase di modellazione. In ogni caso, attesa la delicatezza del tema, negli esiti si dovrà **adeguatamente argomentare circa la gravità dell'inadeguatezza in presenza dei soli carichi gravitazionali**, formulando ipotesi alternative in relazione a coefficienti parziali, carichi accidentali e livello di conoscenza assunto nelle analisi ovvero precisare se trattasi di approssimazioni legate alla modellazione adottata e quindi non significative. A tal proposito si ricordano alcune indicazioni contenute

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

nelle NTC18:

- Sovraccarichi variabili [§ 3.1.4.1 NTC18]: la norma prevede la possibilità, per gli edifici con più di due piani, di ridurre i carichi accidentali in virtù della scarsa probabilità di contemporanea presenza del valore di progetto a tutti i piani attraverso il coeff. α_n ; alternativamente, la riduzione può riguardare anche i sovraccarichi che agiscono su un singolo elemento strutturale facente parte di un orizzontamento, in base all'estensione dell'area di influenza di competenza, attraverso il coeff. α_A .
- Verifica allo SLU nella combinazione fondamentale di cui al § 2.5.3 NTC18: la norma permette una riduzione dei coeff. parziali delle azioni relativi alle azioni permanenti, ossia γ_{G1} e γ_{G2} fino a valori unitari, nel caso di un accurato rilievo geometrico-strutturale e dei materiali [8.5.5 NTC18].
- Tompagni, tramezzi e divisori interni [§ 3.1.3 NTC18]: nel caso sia necessario approfondire, è consigliabile effettuare una più realistica stima dei carichi delle tramezzature e divisori interni considerando la loro effettiva disposizione e sottraendo l'eventuale presenza di vani porta o finestra nel caso di tompagni esterni.
- Ridistribuzione plastica dei momenti flettenti nelle travi e solette in accordo al § 4.1.1.1 NTC18.
- Presenza di ferri sagomati nelle travi da considerarsi obbligatoriamente nelle verifiche statiche [C.8.7.2.3 CNTC18].
- Analisi plastica in accordo al § 4.1.1.2 NTC18.
- Possibilità di differenziazione del fattore di confidenza per i diversi materiali o per specifici elementi strutturali [§ C8.5 CNTC18].

Qualora si riscontri l'inadeguatezza nei confronti dei carichi gravitazionali è opportuno effettuare la verifica di qualche elemento rappresentativo con calcolazioni manuali chiaramente illustrate al fine di controllare la bontà dei risultati ottenuti con il software di calcolo.

Di norma, si procederà alla valutazione del rapporto tra il valore massimo del sovraccarico verticale variabile sopportabile dalla parte *i*-esima della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione ($\zeta_{v,i}$).

Si osserva che il mancato soddisfacimento delle verifiche sotto azioni di tipo statico non implica necessariamente l'impossibilità di eseguire analisi di tipo sismico, atteso i differenti coefficienti di combinazioni delle azioni e il diverso valore dei coefficienti di sicurezza dei materiali. Vieppiù, laddove le analisi sismiche globali non possono essere eseguite per gravi carenze strutturali (a titolo di esempio, caso dei nodi fragili negli edifici in c.a. ovvero mancanza di ammorsamento tra i maschi murari negli edifici in muratura) le stesse dovranno comunque essere effettuate sotto l'ipotesi della progettazione di interventi atti ad eliminare le suddette carenze. Le analisi in presenza di **azioni sismiche**, dovranno determinare l'**indice di sicurezza sismico** $\zeta_E = IS-V = PGA_{Capacità}/PGA_{Domanda}$ o $(Tr_{capacità}/Tr_{Domanda})^{\alpha}$ con $\alpha=0,41$ (oppure adottando il valore di α in funzione della zona sismica, come meglio specificato nelle L.G. per la classificazione del rischio sismico delle

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

costruzioni) espresso quale rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione sul medesimo suolo e con le medesime caratteristiche (periodo proprio, fattore di comportamento ecc.). Il parametro di confronto dell'azione sismica da adottare per la definizione dell'indice di sicurezza è, salvo casi particolari, l'accelerazione al suolo $a_g S$.

Per gli stati limite da considerare nelle combinazioni sismiche si farà riferimento agli SLU (SLV o SLC) e SLE (SLD e SLO) definiti al § 7.3.6 delle NTC18. Si osserva che nella presente procedura, la verifica agli SLE è obbligatoria anche nel caso di edifici rilevanti esistenti.

Le analisi statiche non lineari consentono agevolmente di calcolare i suddetti indici per i vari stati limite considerati. Nel caso sia consentito, nei termini indicati nel presente documento, l'analisi lineare, si suggerisce di calcolare gli indici di sicurezza iterativamente con più analisi dinamiche lineari con fattore di struttura q , incrementando l'accelerazione da un valore 0 fino ad arrivare al primo collasso di un elemento portante ritenuto significativo.

In ogni caso, il verificatore non deve fermare l'analisi all'attivazione del primo meccanismo ma portarla avanti in modo da poter valutare cosa accadrebbe se quello stesso meccanismo venisse disattivato grazie ad un opportuno intervento (ad esempio se il primo meccanismo è un collasso a taglio, spingere comunque oltre l'analisi per vedere se, eliminato quel meccanismo, aumenta in modo significativo la capacità e da quale meccanismo è determinata). E' opportuno specificare la progressione delle modalità di crisi e dei relativi indici di sicurezza (ad esempio per edifici in c.a. è opportuno specificare i valori di $\zeta_E = IS-V$ relativi a meccanismi fragili/duttile: primo collasso a taglio, collasso di nodi, rotazione totale rispetto alla corda o verifica a pressoflessione o flessione; per edifici in muratura è opportuno specificare i valori di $\zeta_E = IS-V$ relativi a meccanismi locali/globali: resistenza fuori piano di un pannello, resistenza nel piano di un pannello, deformazione ultima nel piano). Inoltre al fine di orientare futuri interventi, atti ad incrementare il livello di sicurezza del manufatto oggetto di verifica, è opportuno indicare le tipologie di crisi ed il numero di elementi su cui esse si verificano per prefissati livelli di sicurezza obiettivo (ad esempio per $\zeta_E = IS-V = 60\%$).

Al fine di consentire una immediata leggibilità delle analisi effettuate, i dati più significativi riportati nei tabulati di calcolo, verranno sintetizzati mediante:

- *rappresentazioni grafiche almeno delle parti più sollecitate della struttura;*
- *configurazioni delle deformate;*
- *rappresentazione grafica delle principali caratteristiche delle sollecitazioni e delle componenti degli sforzi;*
- *diagrammi involucro associati alle combinazioni considerate;*
- *rappresentazioni delle azioni applicate e corrispondenti reazioni;*
- *rappresentazioni delle curve di capacità riferite alle varie distribuzioni di forze previste dalle NTC18 (nel caso di analisi statica non lineare).*

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

Nella valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti, la **verifica del sistema di fondazione** è obbligatoria (§ 8.3 delle NTC) “*solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:*

- *nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;*
- *siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;*
- *siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.”*

In caso di omissione di tale verifica, il tecnico dovrà esplicitare che non sussistono le condizioni indicate al § 8.3 delle NTC.

Il tecnico incaricato dovrà in ogni caso segnalare eventuali problemi, anche potenziali, del sistema terreno-fondazione.

5 ELABORATO FASE III - Sintesi dell'attività svolta e conclusioni:

Tutti i dati raccolti in questa fase dovranno essere organizzati in un elaborato costituito dalle seguenti sezioni:

5.1 “Vita residua e Classe di rischio sismico”

La valutazione della sicurezza della costruzione, nel caso di fabbricati, andrà completata determinando la Vita Residua (V_{res}) e la Classe di rischio sismico.

In accordo a quanto richiamato nella Circolare del Dipartimento della Protezione Civile SISM/0083283 del 4.11.2010, vita residua V_{res} può essere utilizzata per definire un criterio per stabilire il tempo entro il quale è raccomandato intervenire sulla struttura. Definito il “tempo di intervento”, T_{INT} , il periodo convenzionale di tempo entro il quale attivare il rimedio (adeguamento o miglioramento) si pone $T_{int}=V_{res}$ come criterio di tipo tecnico/economico.

La classe di rischio sismico andrà valutata in accordo alle *Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni*, Allegato A del D.M. 65 del 07-03-2017. La Classe di Rischio di un fabbricato risulta assegnata in funzione di due parametri:

- Un parametro di tipo economico detto Perdita Annuale Media attesa (o PAM), rappresentativo del costo di riparazione dei danni prodotti dagli eventi sismici che si manifesteranno nel corso della vita della costruzione, ripartito annualmente ed espresso come percentuale del costo di ricostruzione;
- L'indice di sicurezza della struttura IS-V, definito precedentemente.

Le classi utilizzate sono riportate nella seguente Tabella:



CLASSE IS-V	Indice sicurezza sismico (I_S-V)	Livello di vulnerabilità sismica V
A+	$I_S-V > 100\%$	Molto Basso
A	$80\% < I_S-V \leq 100\%$	Basso
B	$60\% < I_S-V \leq 80\%$	Medio-Basso
C	$45\% < I_S-V \leq 60\%$	Medio
D	$30\% < I_S-V \leq 45\%$	Medio-Alto
E	$15\% < I_S-V \leq 30\%$	Alto
F	$I_S-V \leq 15\%$	Molto Alto

Classi IS-V.

CLASSE PAM	Perdita Annuale Attesa (PAM)	Livello di vulnerabilità sismica V
A+	$PAM \leq 0,5\%$	Molto Basso
A	$0,5\% < PAM \leq 1,0\%$	Basso
B	$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	Medio-Basso
C	$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	Medio
D	$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	Medio-Alto
E	$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	Alto
F	$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	Molto Alto
G	$7,5\% < PAM$	Altissimo

Classi PAM.

Si individua la Classe di Rischio della costruzione come la peggiore tra la Classe PAM e IS-V.

5.2 “Sintesi dei risultati e conclusioni”

Nella presente sezione andrà riportato sinteticamente l’iter procedurale seguito per l’espletamento dell’incarico e le risultanze delle valutazioni statiche e sismiche eseguite avvalendosi anche di tabelle riassuntive e comparative nonché di rappresentazioni grafiche tridimensionali a colori che consentano una immediata evidenza delle criticità riscontrate. Si procederà poi all’analisi critica delle risultanze delle analisi effettuate e di tutti quegli aspetti non determinabili quantitativamente effettuando le opportune considerazioni necessarie ad esprimere un giudizio in merito agli indicatori di rischio ritenuti rappresentativi e sulla effettiva fruibilità della costruzione, tenendo conto delle indicazioni riportate nel paragrafo afferente le valutazioni di sicurezza.

A titolo esemplificativo si richiamano alcune informazioni da riportare: classificazione sismica; localizzazione (coordinate geografiche WGS84); descrizione generale della costruzione e della stato di conservazione; caratteristiche strutturali tipologiche dell’unità strutturale (con indicazione delle modifiche più significative apportate nel tempo); le carenze strutturali; il Livello di Conoscenza conseguito (se eseguite: tavole con individuazione degli

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

elementi strutturali indagati, elenco e certificazioni delle prove eseguite, risultati e nome del laboratorio); le modellazioni e le analisi di calcolo adottate; i criteri di verifica degli elementi strutturali; l'interpretazione critica dei risultati ottenuti; l'interpretazione critica dei risultati ottenuti con la descrizione del comportamento della struttura in presenza dell'azione sismica di riferimento ed indicazione degli elementi più vulnerabili che condizionano la risposta sismica.

In ogni caso, 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 aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

5.3 **“Indicazione di massima dei primi interventi urgenti o prioritari”**

Il tecnico verificatore fornirà, infine, una indicazione qualitativa e quantitativa di massima degli interventi che si ritengono necessari per rafforzare la struttura dal punto di vista statico, qualora necessario, indicando altresì l'importo presunto dell'intervento (stima sommaria), indispensabili a garantirne l'idoneità. Nel caso in cui l'uso della costruzione debba essere modificato, si avrà cura di indicare, anche con l'ausilio di schemi grafici, limitazioni dei carichi e restrizioni per le varie parti della costruzione. Analogamente, per quanto concerne gli aspetti sismici, verranno individuati gli interventi da doversi prevedere in via prioritaria e per prefissati livelli di sicurezza obiettivo (ad esempio per $\zeta_E = IS-V = 60\%$).

	Direzione Generale Lavori Pubblici e Protezione Civile STAFF 50 18 91 FUNZIONI DI SUPPORTO TECNICO – OPERATIVO GESTIONE TECNICO - AMMINISTRATIVA DEI LL.PP. OSSERVATORIO REGIONALI APPALTI	ALLEGATO 1C	
		Vers.	3.00 [VG;SC; MdL]
		data	08.01.2020

Indice generale

1	PREMESSE	1
2	DESCRIZIONE DELLE PRESTAZIONI.....	1
3	ELABORATO FASE I - <i>Raccolta dati</i>	2
3.1	“ <i>Premesse</i> ”.....	2
3.2	“ <i>Raccolta della documentazione esistente</i> ”	2
3.3	“ <i>Descrizione dell’immobile, analisi storico critica ed elaborati grafici</i> ”	3
3.4	“ <i>Piano indagini e livello di conoscenza</i> ”	4
4	ELABORATO FASE II - Elaborazione dei dati raccolti.....	5
4.1	“ <i>Caratteristiche dei materiali</i> ”	5
4.2	“ <i>Analisi dei carichi e Combinazioni delle azioni</i> ”	6
4.3	“ <i>Caratteristiche di regolarità strutturale</i> ”	6
4.4	“ <i>Definizione dei parametri sismici</i> ”	6
4.5	“ <i>Modellazione e Analisi</i> ”	6
4.6	“ <i>Valutazione della sicurezza</i> ”	8
5	ELABORATO FASE III - Sintesi dell’attività svolta e conclusioni	11
5.1	“ <i>Vita residua e Classe di rischio sismico</i> ”	11
5.2	“ <i>Sintesi dei risultati e conclusioni</i> ”	12
5.3	“ <i>Indicazione di massima dei primi interventi urgenti o prioritari</i> ”	13