



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

DISCIPLINARE TECNICO ALLEGATO AL CONTRATTO

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE E SISMICA DI EDIFICI PUBBLICI COMUNALI DI CARATTERE RILEVANTE:

EDIFICIO SCOLASTICO BELTRANI

Sommario

1. Premesse – Generalità.....	3
1.1 Ricerca ed acquisizione dei dati.....	4
1.2 Ispezioni e saggi.....	4
1.3 Prove sui materiali in situ ed in laboratorio	4
1.4 Ricalcolazioni	4
1.5 Giudizio sulla sicurezza strutturale	4
1.6 Provvedimenti.....	4
2. FASE A: Relazione metodologica	5
3. FASE B: Analisi storico – critica, piano di indagini, prove ed interpretazione dei risultati	5
3.1 Reperimento degli elaborati progettuali/atti.....	5
3.2 Rilievo strutturale.....	6
3.3 Caratteristiche geomorfologiche del sito.....	7
3.4 Quadro fessurativo e/o di degrado	7
3.5 Determinazione dei livelli di conoscenza.....	7
3.6 Elaborazione del piano di indagini strutturali	8
3.7 Criteri generali per l'individuazione degli elementi strutturali da indagare negli edifici in cemento armato	10
3.8 Elaborazione ed interpretazione dei risultati delle prove	11
4. FASE C: Modellazioni e verifiche	11
4.1. Generalità.....	11
4.1.1 Verifica nei confronti dei carichi gravitazionali.....	12
4.1.2 Analisi dei meccanismi locali	12
4.1.3 Analisi dei meccanismi globali	12
4.1.4 Modellazione della struttura - Metodo di analisi e criteri di verifica	12
4.1.5 Risultati dell'analisi: Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno per S.L.	13
4.1.6 Valori di riferimento	14
4.1.7 Indicatori di rischio	14
4.2 Indagini geologiche e geotecniche	14
4.2.1 Indagini geologiche e/o geotecniche - raccolta dei dati	15
4.2.2 Indicazione della categoria del suolo di fondazione	15
5. FASE D: Sintesi dei risultati	15



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

5.1 Sintesi del percorso conoscitivo.....	15
5.2 - Vulnerabilità riscontrate e possibili rimedi.....	16
6. Documenti e normative di riferimento	16



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

1. Premesse – Generalità

Il presente documento fornisce indicazioni tecniche generali per lo svolgimento delle valutazioni e delle verifiche di sicurezza strutturale e sismica sul seguente immobile di proprietà del Comune di Trani:

- **edificio scolastico Beltrani in via la Pira;**

La valutazione della sicurezza oggetto del presente documento tecnico è propedeutica alla redazione della progettazione degli interventi strutturali di miglioramento/adequamento sismico degli immobili. Per tale motivo le prestazioni professionali richieste ed illustrate nel presente disciplinare, sono, almeno per alcuni aspetti, più ampie ed approfondite rispetto a quelle, per esempio, più comunemente richieste ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica ai sensi dell'OPCM 3274/2003. In particolare, la finalità delle prestazioni richieste è quella di fornire, da una parte al Professionista, che successivamente si occuperà della progettazione degli interventi, tutte le informazioni necessarie sull'edificio (e.g. rilievi strutturali, caratteristiche meccaniche dei materiali, tipologia delle fondazioni e caratterizzazione del sottosuolo, principali criticità presenti) e dall'altra, alla Stazione Appaltante, un quadro preliminare degli interventi strutturali necessari insieme ad una stima sommaria dei relativi costi.

Il quadro di riferimento normativo principale è costituito dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni", la Circolare 2 febbraio 2009 n.617, la circolare DPC/SISM/0031471 del 21 aprile 2010 la circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP, la Direttiva 09/02/2011 del Presidente del Consiglio dei Ministri - Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni, nonché il D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380.

Le verifiche andranno impostate tenendo conto delle unità strutturali e dovranno essere precedute da una valutazione strutturale complessiva dell'aggregato e delle possibili interazioni tra edifici adiacenti.

In relazione a tale esigenza l'aggregato e l'edificio possono essere così definiti:

- l'aggregato strutturale è costituito da un insieme di elementi strutturali non omogenei e che possono interagire sotto un'azione sismica (o dinamica in genere). Un aggregato strutturale può essere costituito da uno o più edifici accorpatisi e, per accorpamento, si deve intendere un contatto, o un collegamento, più o meno efficace tra edifici con caratteristiche costruttive generalmente diverse. La presenza di un giunto di separazione, ove ritenuto efficace ai fini sismici, dà luogo alla individuazione di due aggregati strutturali ben distinti;
- all'interno degli aggregati strutturali si individuano gli edifici, definiti come unità strutturali omogenee "da cielo a terra" e, in genere, distinguibili dagli altri adiacenti per almeno una delle seguenti caratteristiche che individua un comportamento dinamico distinto:
 - tipologia costruttiva
 - differenza di altezza
 - irregolarità planimetrica con parti non collegate efficacemente
 - età di costruzione
 - sfalsamento dei piani
 - ristrutturazioni integrali

La tipologia costruttiva riguarda essenzialmente i materiali e le modalità di costruzione delle strutture verticali. Se, per esempio, in aderenza ad un fabbricato con struttura in elevazione costituita da pietra sbazzata ne è stato costruito un altro in mattoni, i due fabbricati vanno considerati distinti, quali edifici differenti nell'ambito dello stesso aggregato strutturale.

Per la valutazione della sicurezza strutturale di costruzioni esistenti le NTC 2018 prevedono l'esecuzione delle seguenti prestazioni professionali:

- a) analisi storico-critica;
- b) rilievo geometrico-strutturale riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo sia a quella degli elementi costruttivi; rilievo della qualità e dello stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi; rilievo dei dissesti, in atto o stabilizzati, dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno;
- c) caratterizzazione meccanica dei materiali;



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

d) calcolazioni.

Sulla base di quanto previsto dalle NTC2018 e dalle normative internazionali più accreditate nel settore, il procedimento di valutazione della sicurezza strutturale si esplicherà attraverso le seguenti attività:

1.1 Ricerca ed acquisizione dei dati

L'attività è finalizzata all'individuazione della tipologia e della geometria dell'organismo strutturale, delle caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati, alla ricostruzione del processo di realizzazione e delle successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché degli eventi che lo hanno interessato. Essa sarà condotta sulla scorta della documentazione reperita presso la Stazione Appaltante, l'Archivio di Stato, la Soprintendenza del Ministero dei Beni Culturali, l'Ufficio del Genio Civile, la Prefettura, o altri Enti.

1.2 Ispezioni e saggi

Le ispezioni consistono in osservazioni visive estese a tutti gli elementi strutturali, oggetto del presente incarico, direttamente osservabili ad occhio nudo e/o con l'utilizzo di termocamera) e devono mirare al riscontro di eventuali fenomeni patologici a carico sia delle strutture, sia delle opere di completamento (e.g. tramezzi, rivestimenti, pavimenti). Devono anche mirare alla individuazione di eventuali tracce (visibili ad occhio nudo) di interventi antropici che abbiano potuto danneggiare o sovraccaricare elementi strutturali (o comunque significativamente mutarne il comportamento originario), come ad esempio le tracce impiantistiche o le superfetazioni. Le ispezioni devono infine consistere anche nell'esecuzione dei rilievi geometrici e fotografici di quanto più significativo sia stato oggetto di osservazione. Più precisamente devono anche tendere ad acquisire riscontri in sito, a campione, delle caratteristiche geometriche risultanti dagli elaborati progettuali eventualmente reperiti.

I saggi hanno la finalità di spingere le osservazioni visive all'interno degli elementi architettonici e strutturali, ove possibile ed a campione, per acquisire informazioni non riscontrabili in superficie, o per approfondirne la conoscenza. Pertanto i saggi hanno un'articolazione analoga a quella delle ispezioni, e consistono anch'essi in osservazioni visive da estendere anche a fenomeni patologici sia a carico delle strutture, sia a carico di opere di completamento edile. Anche i saggi, dunque, consistono in rilievi sia geometrici (e.g. la misurazione degli spessori strutturali, rilievo delle armature metalliche o delle stratificazioni delle opere di finitura), sia fisico-chimici (e.g. la individuazione della natura dei materiali da costruzione), sempre al fine di poter eseguire una corretta valutazione della geometria e delle azioni agenti sulle strutture.

1.3 Prove sui materiali in situ ed in laboratorio

Devono essere effettuate prove in situ ed in laboratorio finalizzate alla determinazione delle caratteristiche meccaniche e di degrado dei materiali da costruzione delle strutture in elevazione. Devono effettuarsi, oltre alle prove non distruttive, anche quelle distruttive mediante prelievo di campioni secondo il "Piano delle indagini" redatto dal Professionista incaricato.

1.4 Ricalcolazioni

Sono una parte essenziale della valutazione della qualità di una costruzione esistente in quanto sono uno strumento per quantificare numericamente la sicurezza strutturale e/o il comportamento strutturale di una costruzione. Nell'incarico professionale in oggetto, le ricalcolazioni consistono in analisi e verifiche numeriche riferite a combinazioni di carico gravitazionali e sismiche da estendere a tutte le strutture portanti (murature, travi e pilastri in c.a., solai, solette, parapetti e balaustre).

1.5 Giudizio sulla sicurezza strutturale

La relazione conclusiva deve mirare ad esprimere un giudizio sul livello di vulnerabilità emerso dalle indagini ed analisi effettuate, distinguendo le eventuali criticità sulla sicurezza in relazione alle azioni gravitazionali da quelle derivante dalle azioni sismiche. Dovranno inoltre essere redatte la schede di sintesi della verifica sismica di livello 1 e 2 di cui all'O.P.C.M. 3274/2003.

1.6 Provvedimenti

A conclusione delle indagini svolte si devono indicare i provvedimenti (interventi funzionali e/o strutturali e/o cautelari) necessari distinguendone le priorità di intervento. Degli interventi strutturali si devono illustrare le finalità e la tipologia dell'intervento, sufficienti ad identificarli sotto il profilo tecnico e si dovrà fornire una sommaria stima economica riferita a ciascuno degli interventi proposti.



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

Le attività di verifica oggetto dell'incarico sono articolate in quattro fasi, per le quali di seguito si forniscono alcune linee guida, da intendersi parte integrante del disciplinare di incarico.

2. FASE A: Relazione metodologica

La relazione metodologica contiene:

- a) la relazione descrittiva dei livelli di acquisizione dei dati sulla struttura e sull'edificio in relazione al livello di conoscenza da raggiungere;
- b) la definizione preliminare delle campagne di indagini diagnostiche necessarie per accertare le caratteristiche di resistenza dei materiali esistenti e le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione;
- c) la definizione delle modellazioni numeriche, la tipologia di analisi strutturale e le procedure che si intendono adottare per la definizione dei livelli di sicurezza, nonché, la definizione dei valori di accelerazione al suolo corrispondenti agli stati limite definiti dalle norme tecniche e dei loro rapporti con le accelerazioni attese.

La relazione metodologica dovrà inoltre evidenziare, laddove necessari e/o opportuni, l'esigenza di rilievi, di saggi e di indagini geologiche che dovranno essere svolti da geologi abilitati.

Nella relazione metodologica verranno evidenziate circostanze particolari che incidono sull'eventuale modifica della scelta della classe d'uso, del livello di conoscenza e dei conseguenti fattori di confidenza, del periodo di riferimento ed ogni altro elemento che abbia rilievo sull'input sismico.

Le attività propedeutiche alla redazione della relazione metodologica sono:

- esame della documentazione disponibile a disposizione dal Servizio Lavori Pubblici dell'Ente e recupero, presso l'archivio comunale e dei vari Enti (Archivi storici - ex Genio Civile, Prefettura, ecc.) della documentazione progettuale mancante, se esistente;
- identificazione della normativa vigente all'epoca della costruzione, se esistente;
- sopralluoghi volti alla identificazione della struttura in fondazione ed in elevazione;
- individuazione degli eventuali dissesti;
- rilievo strutturale di massima.

3. FASE B: Analisi storico – critica, piano di indagini, prove ed interpretazione dei risultati

La presente fase prevede:

1. l'acquisizione e l'analisi degli atti e dei documenti necessari per la ricostruzione storico - strutturale dei manufatti oggetto di indagine (presso altri Enti);
2. il rilievo strutturale di dettaglio;
3. la realizzazione del piano di indagini sui materiali strutturali e sul terreno di fondazione (a cura dei professionisti incaricati), l'esecuzione delle prove e delle indagini strutturali (a cura dei laboratori autorizzati) con il coordinamento e l'assistenza dei professionisti incaricati e l'interpretazione finale dei risultati delle prove (a cura dei tecnici incaricati);

Al termine di questa fase, deve essere possibile una ricostruzione completa ed adeguata di tutti i meccanismi resistenti presenti in ciascuna struttura (sia nei confronti dei carichi statici che di quelli sismici).

3.1 Reperimento degli elaborati progettuali/atti

Ove non messi a disposizione dal Servizio Lavori Pubblici dell'Ente, andranno reperiti gli elaborati originali presso l'archivio comunale, gli archivi storici, ex Genio Civile, ecc, gli elaborati strutturali, i disegni architettonici, le relazioni di calcolo, i certificati di collaudo, i documenti di cantiere (libretti delle misure), le notizie storiche sul progetto (eventuali normative vigenti all'epoca) e sulla costruzione (impresa costruttrice, varianti in corso d'opera), le eventuali modifiche successive alla costruzione (distribuzione funzionale, destinazione d'uso).



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

3.2 Rilievo strutturale

Per tutti i livelli di conoscenza stabiliti dalla norma, la geometria della struttura deve essere nota fino al punto da consentire la definizione di un adeguato modello strutturale.

Verrà anzitutto effettuato il rilievo geometrico dell'edificio/aggregato, spinto ad un livello di dettaglio sufficiente alla rappresentazione degli elementi strutturalmente significativi.

E' necessaria quindi l'esecuzione di sopralluoghi finalizzati alla verifica della corrispondenza tra lo stato attuale dell'edificio e gli elaborati strutturali di progetto. Nel caso in cui il progetto non sia disponibile occorrerà procedere all'esecuzione *ex novo* del rilievo strutturale dell'organismo edilizio attraverso:

- la verifica delle geometrie e dei dettagli costruttivi;
- la verifica delle dimensioni degli elementi strutturali;
- la caratterizzazione tipologica dei solai e dei tamponamenti, finalizzata alla determinazione dei pesi propri da computare nell'analisi dei carichi;
- la verifica della quantità e disposizione delle armature.

Entrambe le ultime due fasi devono essere condotte contestualmente all'esecuzione della campagna diagnostica a cura dei laboratori autorizzati.

Per gli edifici in cemento armato in generale occorre indagare:

- l'identificazione del sistema resistente in entrambe le direzioni;
- la tessitura dei solai;
- le dimensioni geometriche di travi, pilastri e pareti;
- le possibili eccentricità fra travi e pilastri ai nodi;
- la quantità di armatura longitudinale e trasversale in nodi, travi, pilastri e pareti;
- la quantità di armatura nei solai;
- le condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- lo spessore del copriferro;
- la lunghezza di ancoraggio delle barre;
- la presenza di eventuali interventi di rinforzo realizzati in epoche passate.

Per la determinazione della geometria strutturale in situ, quando non in vista, è preferibile ricorrere a indagini non distruttive (*percussione, termografia, georadar, pacometro, ecc.*) in quanto meno invasive.

Per gli edifici in muratura, in generale, occorre indagare:

- le dimensioni, la tipologia ed i materiali degli elementi strutturali verticali (a un paramento, a due o più paramenti, con presenza di nucleo, con o senza collegamenti trasversali, mattoni, pietra, tessitura regolare, irregolare, ecc...);
- spessore, tipologia, materiali e orditura degli orizzontamenti con individuazione dei pacchetti di finitura e dei tramezzi su di essi gravanti;
- la qualità del collegamento tra pareti verticali;
- la qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti e l'eventuale presenza di cordoli di piano o di altri elementi di collegamento;
- l'esistenza di architravi, strutturalmente efficienti, al di sopra delle aperture;
- la presenza di elementi, strutturalmente efficienti, atti ad eliminare le spinte presenti (catene, tiranti, ecc...);
- la presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità;
- la presenza di "fattori di vulnerabilità geometrica" (discontinuità nelle murature e nei solai, nicchie, canne fumarie, sfalsamenti di murature, ecc...).

Il rilievo strutturale dovrà essere accompagnato, tra l'altro, da:

- un inquadramento generale dell'edificio/aggregato (che ne consenta l'individuazione nel tessuto urbano ed il rapporto con gli immobili adiacenti);
- un'adeguata descrizione (possibilmente mediante sintetica mappatura ai piani) delle destinazioni d'uso dei diversi locali;



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

- un'eshaustiva documentazione fotografica, sia di insieme che delle parti maggiormente significative (elementi caratteristici, fattori di vulnerabilità, lesioni, ecc...), opportunamente referenziata.

3.3 Caratteristiche geomorfologiche del sito

Devono essere acquisite le informazioni relative alle caratteristiche del terreno al fine di definire l'azione sismica di riferimento (effetti stratigrafici, topografici, ecc...) e di valutare la sicurezza delle strutture di fondazione. Le relazioni geologiche per gli edifici oggetto di intervento saranno messa a disposizione dall'Ente. I metodi per la definizione di dette caratteristiche (dalle valutazioni qualitative, all'esame di documenti disponibili e fino alle specifiche prove in situ) possono variare significativamente, anche in funzione della presenza o meno di eventuali problematiche connesse alle fondazioni ed al terreno di sedime.

3.4 Quadro fessurativo e/o di degrado

Devono essere rilevati i quadri fessurativi presenti e classificati i dissesti associati (traslazioni verticali, rotazioni, schiacciamenti, pressoflessioni, depressioni di archi e volte, ecc...). Le informazioni acquisite dovranno essere adeguatamente restituite su elaborati grafici specifici.

3.5 Determinazione dei livelli di conoscenza

L'elemento essenziale che distingue la valutazione della sicurezza strutturale di un edificio esistente da quella di uno nuovo è l'affidabilità del livello di conoscenza acquisito. In fase di progetto, come è noto, il progettista assume le geometrie, i carichi, le resistenze, i particolari strutturali e quant'altro necessario per le analisi e le valutazioni da eseguire, naturalmente in accordo con le prescrizioni dettate dalle norme vigenti. L'affidabilità del livello di conoscenza è garantita, nelle valutazioni quantitative della sicurezza strutturale secondo il metodo semi-probabilistico agli stati limite, dai coefficienti parziali adottati (su carichi e materiali) che dipendono da valutazioni statistiche sulla variabilità dei dati assunti anche in relazione al livello dei controlli che è possibile eseguire in corso d'opera.

In sede di valutazione della sicurezza strutturale di un edificio esistente, invece, elementi essenziali quali le geometrie, i carichi, le resistenze dei materiali, i particolari costruttivi non possono essere assunti a priori, ma devono scaturire da apposite attività di analisi della documentazione disponibile e di indagine (rilievi, saggi e prove sui materiali). Quanto maggiore sarà l'affidabilità (ossia il grado stimato di aderenza tra i valori disponibili e quelli reali) del livello di conoscenza raggiunta, tanto maggiore sarà l'affidabilità delle valutazioni della sicurezza strutturale che si potrà valutare. E' evidente, in questo scenario, che minimizzare la campagna di indagine e la sua invasività, garantendo nel contempo un livello di conoscenza prefissato, è un'attività complessa e richiede uno studio specifico, opportunamente motivato e documentato che dovrà essere preventivamente sottoposto alla Stazione Appaltante per la sua approvazione. Al contrario, si assiste nella pratica professionale, all'applicazione automatica di alcune tabelle suggerite dalla Circolare 2/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP. che, per esplicita indicazione della stessa norma, rappresenterebbero delle "Definizioni orientative dei livelli di rilievo e prove", aventi "valore indicativo" e che vanno adattati ai singoli casi in relazione a molteplici aspetti.

Ai fini della definizione dei fattori di confidenza da adottare nei calcoli per l'abbattimento delle resistenze dei materiali acquisite, la normativa distingue i sottoelencati tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza Limitata
- LC2: Conoscenza Adeguata
- LC3: Conoscenza Accurata

Per ciascun livello la Circolare n.617 del 2 febbraio 2009 descrive dettagliatamente le informazioni da acquisire, i metodi di analisi ammessi e le prove da effettuare.

Al professionista è richiesto di raggiungere un **livello di conoscenza adeguata** degli immobili (**LC2**). La scelta ed il numero di elementi da sottoporre ad indagine dovrà essere proporzionata alle dimensioni dell'edificio, fornire valori esaustivi delle resistenze meccaniche dei materiali strutturali richiedendo, se necessario, un numero di prove eventualmente maggiore rispetto a quello indicato in normativa per il corrispondente livello di conoscenza.

Il previsto "livello di conoscenza adeguata" può essere raggiunta anche per passi successivi, coinvolgendo dapprima un numero minimo di elementi strutturali e, nel caso in cui le prove su questi ultimi fornissero valori incongruenti e dispersivi, procedendo ad una seconda fase di estensione diagnostica.



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

Nella scelta degli elementi sarà utile, inoltre, contemperare sia gli aspetti più propriamente di tipo strutturale, sia quelli di natura economica.

Si può ammettere che il professionista raggiunga un livello di conoscenza maggiore (LC3) nel caso in cui l'edificio, inizialmente non verificato, potrebbe risultare verificato beneficiando di fattori di confidenza inferiori.

In tal caso il professionista incaricato dovrà essere preventivamente autorizzato per iscritto dall'Ente, sulla base di una dettagliata relazione che illustri costi e benefici delle modalità di approfondimento delle verifiche proposte.

3.6 Elaborazione del piano di indagini strutturali

Le prove in situ ed in laboratorio sono finalizzate ad integrare le informazioni disponibili dai disegni costruttivi o da un progetto simulato, eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione.

Le indagini di laboratorio dovranno essere adeguatamente giustificate e comunque eseguite solo dopo aver condotto valutazioni preliminari che ne definiscano chiaramente l'obiettivo e le modalità di esecuzione. Tali indagini dovranno essere inquadrare in un progetto diagnostico complessivo, che dovrà essere eventualmente sottoposto alla preventiva approvazione degli Enti di controllo sovra ordinati, tra cui la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città Metropolitana di Bari.

Per la determinazione delle proprietà meccaniche e dello stato di consistenza e degrado del calcestruzzo disponibili diverse tecniche di indagine, sia distruttive, sia non distruttive, tra le quali:

- meccaniche: indice sclerometrico, prove di estrazione, prove di penetrazione, carotaggio;
- soniche: metodo ultrasonico;
- combinate: a due parametri (SonReb);
- elettromagnetiche: radiografia, termografia, georadar;
- chimiche: profondità di carbonatazione, penetrazione dei cloruri.

Per la determinazione delle proprietà meccaniche e dello stato di degrado delle armature sono disponibili tecniche di indagine sia distruttive, sia non distruttive, tra le quali:

- rilievo delle armature: pacometro, radiografia;
- corrosione: misura del potenziale elettrochimico;
- proprietà meccaniche: prelievo di campioni.

Per la descrizione delle tecniche da impiegare per la valutazione delle caratteristiche meccaniche e dello stato di degrado delle strutture in cemento armato si raccomanda di seguire le istruzioni della normativa tecnica e le specifiche norme UNI in vigore.

Per la determinazione delle proprietà meccaniche e dello stato di consistenza e degrado delle murature sono disponibili diverse tecniche di indagine, sia distruttive, sia non distruttive, tra le quali:

- endoscopia;
- martinetti piatti e/o doppi;
- shove - test;
- prove meccaniche dirette eseguite su blocchi di materiale estratto dalla muratura;
- prove di caratterizzazione meccanica delle malte.

Per la descrizione delle tecniche da impiegare per la valutazione delle caratteristiche meccaniche e dello stato di consistenza e di degrado delle murature si raccomanda di seguire le istruzioni della normativa tecnica e le specifiche norme UNI in vigore.

Con riguardo alla determinazione della resistenza del calcestruzzo in opera, come peraltro richiesto dalle norme, risulta essenziale la preliminare valutazione del grado di omogeneità dei getti, conseguenza di diversi fattori quali l'epoca di costruzione, la produzione industriale o in cantiere del calcestruzzo, l'efficacia e l'affidabilità dei controlli documentati in fase di esecuzione e collaudo, l'eventuale suddivisione in lotti delle fasi costruttive, la presenza di dissesti o anomalie



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

locali, o comunque circoscrivibili, e molti altri, da valutarsi caso per caso. Considerazioni analoghe sono richiamabili per le strutture in muratura portante.

In accordo con le norme vigenti ogni gruppo di prove sui materiali deve riguardare porzioni di edificio realizzate con materiali omogenei.

Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche. I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni.

Il piano delle indagini deve essere rapportato all'edificio e deve scaturire da un'attenta analisi documentale, oltre che da ispezioni in sito e prove preliminari.

Il piano delle indagini sarà redatto secondo l'elenco delle seguenti procedure:

- a. analisi della documentazione disponibile (disegni, relazioni, certificati di prova, atti di collaudo, ecc.) e valutazione preliminare della sua affidabilità anche attraverso riscontri in sito;
- b. ispezioni visive ad occhio nudo e con camera ad infrarossi ad elevata sensibilità al fine di individuare i diversi corpi di fabbrica, la presenza di giunti (anche solo di costruzione), la tipologia strutturale, la presenza di dissesti o altre anomalie riscontrabili (fessurazione a carico di elementi strutturali e/o di finitura, cedimenti, ecc.);
- c. esecuzione di una prima campagna di prove non distruttive (in particolare di tipo SonReb per gli elementi in c.a.) al fine di valutare perlomeno la omogeneità dei getti e stimare (senza pretese di accuratezza) la classe di resistenza della/e miscela/e di calcestruzzo in opera;
- d. sulla base delle indicazioni rivenienti dalle attività precedentemente indicate e in relazione al livello di conoscenza che si converrà di raggiungere con l'Amministrazione Committente (anche sulla base di apposita analisi costi/benefici da implementare a cura dei Professionisti incaricati), individuazione delle prove distruttive (carotaggi, prove con martinetto piatto semplice e doppio, prove di resistenza a rottura di conci di muratura portante) da eseguire a completamento dell'attività;
- e. esecuzione di eventuali prove integrative e/o ripetizione di prove ritenute inaffidabili, a seguito della elaborazione statistica dei risultati di tutte le prove.

Si precisa che la campagna diagnostica sulle strutture e le relative attività edili accessorie non rientrano nell'incarico professionale di cui al presente disciplinare e saranno affidate da questo Ente con separata procedura a laboratori ufficiali in possesso di autorizzazione ministeriale ex art. 59 del D.P.R. 380/2001 sulla base del piano di indagini diagnostiche elaborato dal professionista incaricato della valutazione della sicurezza. Quest'ultimo, in ogni caso, dovrà assistere, coordinare e sovrintendere all'esecuzione delle prove ed interpretarne i risultati.

Il piano delle indagini da redigere, oltre alla indicazione della tipologia e del numero delle prove da eseguire con la relativa stima economica, conterrà un disciplinare tecnico con descrizione dettagliata delle prove da eseguire in ordine a:

- preparazione del punto di indagine (localizzazione, rimozione dell'intonaco, ecc.);
- valutazioni preliminari (presenza di armature, presenza di fessurazioni, granulometria degli inerti, ecc.);
- modalità di esecuzione delle prove (macchine e strumentazioni da adottare, specifiche tecniche dei provini e loro preparazione, norme tecniche cui fare riferimento);
- oneri a carico dell'impresa (ponteggi, puntellamenti, sistemi per la riduzione delle emissioni di polveri e di rumore, raccolta di acque e fanghi di carotaggio, pulizia finale dei luoghi, ripristino di strutture e finiture a seguito delle prove, ecc.);
- criteri di accettazione della prova e oneri di ripetizione in caso di non accettazione.

Tutte le prove saranno inoltre preventivamente localizzate sulle piante dei vari piani degli edifici, salvo la facoltà di modifica in corso d'opera in relazione a necessità sopravvenute o ai risultati che via via saranno disponibili.



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

Nell'incarico professionale è pertanto compresa la redazione di tutte le eventuali variazioni al piano di indagini diagnostiche strutturali che dovessero rendersi necessarie durante il corso dell'esecuzione delle prove in situ da parte del laboratorio.

3.7 Criteri generali per l'individuazione degli elementi strutturali da indagare negli edifici in cemento armato

Il R.D. 16 novembre 1939 n°2229 ha costituito la normativa di riferimento per gran parte delle opere edificate nel dopoguerra. Esso prevedeva un valore minimo di resistenza cubica a compressione del conglomerato (a 28 giorni di maturazione) pari a 120 Kg/cm². Tale valore, inferiore a quelli minimi di resistenza cubica a compressione richiesti dalle successive norme tecniche per le costruzioni può, in taluni casi, far emergere la circostanza che alcuni edifici, costruiti fino ai primi anni settanta, esibiscano prestazioni statiche inferiori a quelle minime di sicurezza previste dalla normativa attuale.

L'individuazione corretta del valore di resistenza caratteristica del calcestruzzo e la definizione analitica dei carichi agenti sono quindi passaggi fondamentali ed obbligati per il professionista che intende condurre i successivi passaggi di modellazione e verifica statica e sismica dell'edificio esistente.

Generalmente le maggiori criticità degli edifici in calcestruzzo di età superiore ai 40 anni possono essere ricondotte alle seguenti:

- bassa resistenza della struttura dovuta alla scarsa resistenza del calcestruzzo;
- bassa duttilità della struttura dovuta ad insufficiente armatura, soprattutto a taglio e nei nodi;
- bassa resistenza al taglio degli elementi strutturali;
- carbonatazione del calcestruzzo ed ossidazione delle armature;
- errori di progetto o di esecuzione;
- normative meno restrittive delle attuali;

Relativamente alla scelta degli elementi strutturali da indagare è opportuno riportare alcune considerazioni.

Le strutture intelaiate in c.a. sono caratterizzate da un comportamento, sotto sisma, in cui le deformazioni in campo anelastico si concentrano alle estremità dei pilastri e delle travi, con formazione di cerniere plastiche e possibilità di coinvolgimento dei nodi in relazione ai quantitativi di armature ivi presenti. La presenza di un'eccessiva quantità di armatura longitudinale rispetto alla disponibilità di armatura trasversale (staffe) può determinare negli elementi strutturali il verificarsi di una rottura fragile a taglio prima o contemporaneamente alla plasticizzazione per flessione.

I meccanismi di rottura più favorevoli per le strutture in c.a. sono quelli in cui vengono evitate rotture fragili dei nodi e degli elementi strutturali per taglio, dunque meccanismi determinati dalla plasticizzazione delle travi a tutti i piani ed alla base dei pilastri del piano terra (**travi deboli e colonne forti**). Le strutture che rispondono a tale cinematismo presentano una buona regolarità nella distribuzione di rigidezze e resistenze lungo l'altezza, circostanza che garantisce l'assorbimento delle forze laterali da parte dell'intera struttura, con una distribuzione uniforme del danno e conseguente minimizzazione delle deformazioni locali.

I più recenti criteri di progettazione hanno introdotto il concetto di **duttilità dei nodi trave-pilastro**, con l'obiettivo di determinare una gerarchia di danno nel meccanismo di collasso di una struttura intelaiata sottoposta ad azioni taglianti che privilegi la formazione di cerniere plastiche alle estremità delle travi al fine di scongiurare il crollo dei solai e di conservare l'iperstaticità della maglia strutturale. La formazione di cerniere plastiche alle estremità delle travi (e non sui pilastri) assicura la stabilità della struttura per carichi verticali e di conseguenza l'incolumità delle persone.

L'attivazione di un tale meccanismo richiede però una specifica progettazione basata proprio sul principio di gerarchia delle resistenze o *Capacity Design* (EC8), che, quasi certamente, non trova applicazione per gli edifici esistenti.

Per un edificio esistente è quindi più probabile ipotizzare la formazione di un meccanismo di collasso di piano (telai *shear type*), con formazione di cerniere plastiche in testa ai pilastri (**travi forti e colonne deboli**).

Nella scelta degli elementi strutturali da indagare si ritiene pertanto più opportuno privilegiare l'elemento pilastro, rispetto all'elemento trave.

Occorre inoltre indagare sugli orizzontamenti, sugli elementi strutturali costitutivi, sulle loro effettive rigidezze e resistenza al fine di accertare la corretta ripartizione delle azioni orizzontali sugli elementi strutturali verticali.

L'insieme degli elementi strutturali da indagare deve costituire un campione statistico significativo capace di rappresentare esaurientemente le caratteristiche geometriche, meccaniche e materiali medie della struttura nella sua interezza.



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

3.8 Elaborazione ed interpretazione dei risultati delle prove

L'elaborazione e l'analisi statistica dei risultati delle prove per la caratterizzazione meccanica dei materiali sono essenziali perché finalizzati all'ottenimento di dati più realistici da utilizzare nelle valutazioni numeriche. Come è noto il dato approssimativo della media aritmetica può differire sensibilmente rispetto al valore caratteristico della resistenza a compressione del materiale (calcestruzzo o muratura) in opera.

Nei casi di maggiore estensione degli edifici sarà possibile eseguire un trattamento statistico dei dati, in grado di valutare la distribuzione statistica che più si adatta ai dati sperimentali e, da questa, ricavare il valore più probabile della resistenza caratteristica. L'analisi sarà eseguita per gruppi di dati sperimentali che si riveleranno omogenei, secondo opportune aggregazioni che sulla base di parametri statistici prefissati (e.g. coefficiente di variazione, scarto quadratico medio) presenteranno una più marcata correlazione statistica. L'aggregazione dei dati sarà eseguita per tentativi, sulla base dei valori sperimentali ottenuti e in considerazione alla possibile differenziazione dei materiali all'interno dell'edificio (per corpo di fabbrica, per piano, per epoca di realizzazione, per elementi costruttivi quali travi, pilastri, pareti o fondazioni, ecc.).

L'ottenimento di valori differenziati di resistenza per porzioni di edificio (o per elementi strutturali diversi) permetterà di conseguire valutazioni della sicurezza più realistiche e, in seguito, di progettare interventi mirati di rinforzo o adeguamento statico e sismico, circoscrivendo gli interventi stessi agli elementi effettivamente più vulnerabili e garantendo, così, la riduzione e la minore invasività dei lavori da eseguire, nonché la minimizzazione dei relativi costi a parità di sicurezza dell'opera.

Al fine di ridurre l'impatto strutturale e l'invasività delle prove distruttive, il piano delle indagini contemplerà l'esecuzione di prove indirette per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo. Tra le varie tecnologie disponibili, con riferimento al calcestruzzo strutturale, sarà impiegato il metodo cosiddetto 'SonReb' ottenuto, come è noto, dalla combinazione dei risultati di prove sclerometriche e i risultati di prove di determinazione della velocità di propagazione di impulsi ultrasonici.

L'esecuzione corretta della prova richiede particolari accortezze, come espressamente richiesto dalle norme italiane in materia (NTC2018, linee guida del C.S.LL.PP.) e come raccomandato dalla più accreditata letteratura tecnica internazionale. Come è noto, infatti, la prova non fornisce direttamente il valore della resistenza a compressione del calcestruzzo ma dei parametri (indice sclerometrico e velocità ultrasonica) che possono essere messi in correlazione con la resistenza in questione attraverso un'apposita analisi di regressione che non può prescindere dal risultato di prove dirette eseguite sullo stesso calcestruzzo in esame. L'analisi di regressione, in sostanza, permette di costruire una funzione - la cui attendibilità è stimabile sul piano statistico - sulla base di un certo numero di risultati noti di prove dirette e indirette eseguite negli stessi punti. Ricavata tale funzione è possibile stimare la resistenza del calcestruzzo sulla base dei soli risultati delle prove indirette.

4. FASE C: Modellazioni e verifiche

4.1. Generalità

Sulla scorta dei dati raccolti e degli esiti delle prove diagnostiche dovranno essere effettuate le elaborazioni (analisi strutturali e modellazioni numeriche) finalizzate confrontare la capacità di resistenza della struttura con la domanda corrispondente ai vari stati limite previsti dalla normativa.

Le indicazioni riportate di seguito hanno solo la finalità di schematizzare l'articolazione delle fasi e delle prestazioni richieste e, ove non espressamente specificato, non possono in alcun modo essere ritenute alternative o sostitutive delle indicazioni di cui al D.M. 14.01.2008, alla Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 e ad eventuali ulteriori norme specifiche di settore.

Per tutte le analisi di tipo numerico in seguito descritte dovranno essere:

1. illustrate e motivate le ipotesi alla base della modellazione numerica;
2. identificati (anche graficamente) gli schemi statici adottati;



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

3. dichiarati espressamente i valori numerici delle variabili coinvolte (parametri geometrici e dimensionali – forze e carichi applicati – caratteristiche meccaniche dei materiali) e le loro fonti di provenienza (i riferimenti normativi/bibliografici e/o le prove sperimentali da cui sono assunti i valori dati impiegati nei calcoli);
4. riportati i passaggi maggiormente significativi delle analisi svolte (parametri, formule, grandezze, grafici o risultati intermedi) utili alla comprensione dei risultati finali.
5. illustrati i risultati delle analisi anche attraverso elaborati di sintesi (grafici e/o tabelle riepilogative).

4.1.1 Verifica nei confronti dei carichi gravitazionali

Le verifiche nei confronti dei carichi gravitazionali dovranno essere condotte per le fondazioni, per gli elementi strutturali in elevazione e per gli orizzontamenti, con i carichi propri e permanenti reali e con quelli accidentali rivalutati in ragione dell'effettiva destinazione d'uso.

Dovranno essere riportati i dettagli delle singole verifiche condotte e dovrà essere sintetizzato l'esito delle stesse esprimendo un giudizio complessivo e motivato sulla capacità portante delle diverse tipologie di membrature. Qualora la capacità portante risulti inferiore a quella richiesta dalle attuali normative tecniche per le costruzioni con medesima classe e destinazione d'uso, il professionista dovrà definire eventuali limitazioni all'uso dell'edificio o altri provvedimenti di tipo cautelare.

Il giudizio sulla capacità portante potrà essere differenziato per le diverse porzioni dell'edificio e/o per vani con funzione diversa (ad esempio, si potranno definire limitazioni d'uso differenziate per gli uffici, gli archivi, le sale riunioni e/o per i diversi corpi di fabbrica del complesso).

4.1.2 Analisi dei meccanismi locali

Dovranno essere valutati i valori di accelerazione al suolo ed i periodi di ritorno per i quali risultano attivati i singoli meccanismi di danneggiamento/collasso locale (o di "primo modo"), registrandoli in ordine decrescente di vulnerabilità. Per ciascun tipo di meccanismo dovrà essere chiaramente illustrato lo schema statico/cinematico alla base del calcolo eseguito. Gli elementi/meccanismi investigati dovranno essere riportati in appositi elaborati grafici.

4.1.3 Analisi dei meccanismi globali

Dovranno essere valutati i valori di accelerazione al suolo ed i periodi di ritorno per i quali risultano attivati i meccanismi di danneggiamento/collasso globale (o di "secondo modo"), evidenziando gli elementi che possono entrare progressivamente in crisi al crescere dell'accelerazione al suolo (salvo che per analisi ove questo tipo di verifica non sia richiesto – es. analisi statica non lineare per le murature).

I risultati saranno commentati, evidenziando le principali criticità (direzioni deboli, piani maggiormente vulnerabili, elementi sensibili, fasce di piano e/o maschi murari) e fornendo indicazioni circa eventuali interventi per il miglioramento della risposta sismica.

Il livello di approfondimento delle verifiche numeriche sarà legato alla complessità ed all'importanza della struttura. andranno comunque eseguite verifiche preliminari di tipo approssimato che consentano un agevole controllo degli ordini di grandezza. Andranno inoltre evidenziate le vulnerabilità non valutabili numericamente o valutabili con scarsa affidabilità (normalmente legate a problematiche di faticanza di singoli elementi strutturali, collegamenti, ecc.) dando su di esse un giudizio esperto.

4.1.4 Modellazione della struttura - Metodo di analisi e criteri di verifica

Il modello della struttura su cui verrà effettuata l'analisi deve rappresentare in modo adeguato la distribuzione di massa e rigidità effettiva considerando, laddove appropriato, anche il contributo degli elementi non strutturali.

E' consentito considerare separatamente le azioni nelle due direzioni principali, ma il modello dell'edificio deve essere tridimensionale.

Il metodo di analisi utilizzato deve essere coerente con le indicazioni di cui al paragrafo 7.3 delle NTC, ai paragrafi C8.7.1.4 e C8.7.2.4 rispettivamente per costruzioni in muratura e in cemento armato o acciaio.

Le verifiche devono essere condotte con uno dei metodi di analisi non lineare.

In relazione alla tipologia strutturale, alle caratteristiche dei materiali, agli schemi resistenti alle forze verticali ed orizzontali ed alle vulnerabilità accertate il professionista deve inserire nel modello di calcolo tutti gli elementi ritenuti condizionanti per la capacità della struttura.

A titolo esemplificativo e non esaustivo si ricorda che è opportuno considerare, negli edifici in muratura:



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

- la disgregazione del paramento murario nel caso di tessitura fortemente irregolare, malte degradate e paramento scollegato in senso trasversale;
- ribaltamenti delle pareti fuori dal piano, se non ben ammorsate a quelle perpendicolari ed ai solai di piano (se sufficientemente rigidi e resistenti);
- elementi spingenti;
- pilastri isolati in muratura destinati a portare carico verticale;
- maschi murari corti chiamati a deformazioni angolari maggiori;
- lo stato di conservazione.

Negli edifici in cemento armato:

- la presenza di eccentricità tra centro di massa e di rigidità;
- la presenza di piani a minor rigidità o minor resistenza;
- la presenza di tamponature irregolari, sia in pianta, sia in altezza;
- i possibili effetti della tamponatura sulle zone di estremità dei pilastri, anche con modelli semplificati;
- la presenza di finestre a nastro che possono comportare l'insorgere di meccanismi fragili nei pilastri;
- fondazioni a quote diverse;
- lo stato di conservazione.

4.1.5 Risultati dell'analisi: Capacità in termini di accelerazione al suolo e periodo di ritorno per S.L.

La valutazione della sicurezza consiste nel determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

L'entità dell'azione sismica sostenibile è denominata **Capacità**, l'entità dell'azione sismica attesa è denominata **Domanda**. Entrambe vanno determinate per gli stati limite considerati.

Un modo sintetico ed esaustivo di esprimere l'entità dell'azione sismica, e quindi di Capacità e Domanda è il relativo periodo di ritorno T_R , tuttavia è opportuno riportare i risultati della valutazione anche in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo, anche se questa grandezza, da sola, non descrive l'intero spettro, ma solo un punto di esso. Viene quindi richiesto di determinare e riportare in una tabella riepilogativa i valori di accelerazione al suolo (PGA_C) e di periodo di ritorno (T_{RC}) corrispondenti al raggiungimento dei diversi stati limite:

PGA_{CLC} = capacità per lo stato limite di prevenzione del collasso (*SLC*) – la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

PGA_{CLV} = capacità per lo stato limite di salvaguardia della vita (*SLV*) - la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

PGA_{CLD} = capacità per lo stato limite di danno (*SLD*) - la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

PGA_{CLO} = capacità per lo stato limite di operatività (*SLO*) la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi.

Analogamente per i periodi di ritorno T_{RC} , gli indici diventano T_{RCLC} , T_{RCLV} , T_{RCLD} e T_{RCLO} rispettivamente per gli stati limite *SLC*, *SLV*, *SLD* ed *SLO*. Vanno determinati e riportati nella tabella riepilogativa i soli valori relativi agli stati limite considerati nell'analisi.

Si ribadisce che per gli edifici in oggetto è richiesta la verifica nei confronti dello stato limite ultimo di salvaguardia della vita (*SLV*) e nei confronti dei due stati limite di esercizio (*SLO* e *SLD*).

Per gli edifici in muratura si assume che la verifica dello *SLV* implichi anche la verifica dello *SLC* (Circolare C8.7.1.1).



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

I diversi stati limite possono essere raggiunti per differenti elementi o meccanismi: ad esempio per il superamento della resistenza di elementi fragili (taglio o nodi) o per il superamento della capacità di deformazione di elementi duttili (rotazione rispetto alla corda). In una tabella riepilogativa andranno riportati i valori di PGA_C e T_{RC} corrispondenti all'attivazione dei diversi SL per diversi elementi o meccanismi.

Il professionista non dovrà fermare l'analisi all'attivazione del primo meccanismo, ma dovrà spingerla oltre in modo da valutare cosa accadrebbe alla struttura se quel meccanismo venisse disattivato grazie ad un opportuno e mirato intervento. In altri termini, la prosecuzione dell'analisi oltre il primo meccanismo è utile per capire quale sia la possibilità di miglioramento della risposta della struttura e quali siano (almeno dal punto di vista concettuale) i possibili futuri interventi.

4.1.6 Valori di riferimento

I valori che caratterizzano la Capacità devono essere confrontati con i valori che caratterizzano la domanda per i diversi stati limite, in termini sia di accelerazioni al suolo, sia di periodi di ritorno dell'azione sismica di riferimento (le grandezze di interesse si determinano dall'Allegato A alle NTC tenendo conto dei periodi di riferimento, degli effetti di modifica locale dell'azione sismica e dello stato limite considerato). Si determina la Domanda in termini di PGA definendo, per gli stati limite considerati nella verifica, i valori delle accelerazioni di picco al suolo: PGA_{DLC} , PGA_{DLV} , PGA_{DLLD} , PGA_{DLLO} e i valori dei periodi di ritorno associati all'azione sismica: T_{RDLC} , T_{RDLV} , T_{RDLD} e T_{RDLO} rispettivamente per gli stati limite SLC, SLV, SLD ed SLO.

4.1.7 Indicatori di rischio

Si definiscono e quindi dovranno essere quantificati due tipi di indicatori di rischio: il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di PGA ed il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica. Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate in coerenza con gli allegati all'Ordinanza 3274/03 e s.m.i. e con il Decreto del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 3685/03. Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con le nuove NTC, non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Esso, tuttavia, continua a rappresentare una "scala di percezione" del rischio, ormai largamente utilizzata e con la quale è bene mantenere un'affinità.

Viene quindi introdotto il secondo rapporto, fra i periodi di ritorno di Capacità e Domanda. Quest'ultimo, però, darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno), che sono tipicamente concave. Al fine di ottenere una scala di rischio simile alla precedente, quindi, il rapporto fra i periodi propri viene elevato ad un coefficiente " a " = **1/2,43** ottenuto dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale. **auc** è un indicatore del rischio di collasso, **auv** del rischio per la vita, mentre **aed** è un indicatore del rischio di inagibilità dell'opera ed **aeo** del rischio di non operatività. Valori prossimi o superiori all'unità caratterizzano casi in cui il livello di rischio è prossimo a quello richiesto dalle norme; valori bassi, prossimi a zero, caratterizzano casi ad elevato rischio.

Gli indicatori di rischio, potranno essere utilizzati per determinare scale di priorità di intervento e quindi per la programmazione degli eventuali interventi.

Il professionista dovrà integrare i valori numerici degli indicatori ottenuti con considerazioni chiare tipiche della Valutazione (tecnica) della sicurezza per determinare 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 o opportuno procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

4.2 Indagini geologiche e geotecniche

Al fine di raggiungere l'obiettivo minimo che valuti, per l'opera da verificare, i livelli di accelerazione al suolo corrispondenti al raggiungimento dei differenti stati limite ed i loro rapporti con le accelerazioni di riferimento è necessario individuare le situazioni geologiche e geotecniche al contorno dell'area di sedime dell'opera nelle loro situazioni attuali e nel loro stato evolutivo.

Risulta, quindi, determinante ai fini della comprensione del sito e della verifica sismica dell'edificio una corretta e completa ricostruzione dei modelli geologico e geotecnico all'interno dei quali inserire la struttura in oggetto.

Per questo motivo su gli edifici potrebbero essere necessarie indagini specialistiche sulle strutture e sui terreni di fondazione per raggiungere i livelli di conoscenza previsti.



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

I modelli geologico e geotecnico dovranno ricostruire i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e geotecnici dell'area di sedime.

4.2.1 Indagini geologiche e/o geotecniche - raccolta dei dati

Le indagini geologiche e geotecniche dovranno rispondere all'esigenza di ricostruire il modello geologico del sottosuolo interessato dalla struttura in verifica e di caratterizzare le proprietà fisico meccaniche dei terreni di fondazione da utilizzare nelle verifiche sismiche. Nell'ambito delle indagini è possibile ottenere dati dalle seguenti tre opzioni:

- la prestazione del Geologo è obbligatoria solo nel caso in cui non esistano studi geologici specifiche e puntuali eseguiti per gli edificio in verifica, o quando, pur esistendo studi specifici e puntuali eseguiti per gli edificio in verifica, questi oggettivamente (per vetustà, per carenza anche parziale di dati o per loro incongruenza) non permettano al Professionista incaricato di avere una rappresentazione chiara ed esaustiva della situazione geologico/geotecnica. La valutazione oggettiva è di competenza del Professionista incaricato, la cui sensibilità viene richiamata ai fini della sicurezza e incolumità dei cittadini.
- se si è in presenza di studi ed indagini pregresse eseguite in aree contigue, il Professionista incaricato valuta sotto la propria responsabilità l'omogeneità e la qualità geologica e geotecnica dei dati disponibili e dovrà decidere se far intervenire il Geologo oppure avvalersi di questi studi.
- se si è in presenza di studi ed indagini pregresse eseguite specificatamente per l'opera in verifica, che descrivano e ricostruiscano chiaramente il modello geologico e la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione, il Professionista delle strutture si avvarrà direttamente, sotto la propria responsabilità, di questi studi. Il Professionista delle Strutture assumerà la responsabilità tecnica dei dati geologici e geotecnici utilizzati.
- qualora necessario, il Geologo, investito da incarico professionale, dovrà redigere una relazione che sarà parte integrante della Verifica Tecnica e compilare la Scheda di sintesi nei paragrafi di propria competenza.

4.2.2 Indicazione della categoria del suolo di fondazione

Il Professionista incaricato della verifica, una volta raccolti tutti i dati geologici e geotecnici dovrà indicare chiaramente in quale categoria di suolo di fondazione si attesta l'opera in verifica.

L'obiettivo è eseguire la verifica nel modo più idoneo al fine di ottenere il livello di rischio dell'opera associato alla effettiva situazione geologico/geotecnica.

È fatto obbligo comunque di tenere in considerazione per la verifica tecnica e di indicare nella Relazione di calcolo e nella Scheda di Sintesi i seguenti parametri geologici dell'area su cui insiste l'opera oggetto di verifica:

- dati Geologici/Geomorfologici (litologia, presenza di limiti tettonici o di cambiamento litologico, fenomeni erosivi e di instabilità in atto e loro grado, presenza di cresta o dirupo, acclività del pendio, fenomeni erosivi e di instabilità in atto e loro grado);
- dati Idrogeologici (vicinanza a corsi di acqua, presenza di falda entro i 3m dal p.c.);
- dati Sismici (zona sismica di riferimento, Valore di ancoraggio orizzontale del suolo, presenza di studi di microzonazione sismica etc., Velocità media onde di taglio V_{s30});
- dati di Vulnerabilità geologica (area perimetrata ai sensi del D.L. 180/98 o in altre perimetrazioni specifiche di tipo nazionale o regionale).

5. FASE D: Sintesi dei risultati

Ferma restando la necessità di redazione di tutti gli elaborati previsti dalla normativa vigente, come riepilogate al paragrafo C10 della Circolare 2 febbraio 2009, n.617, le risultanze della fase attuativa delle verifiche tecniche di sicurezza sismica dovranno essere compendiate, per ciascun immobile, in apposito documento consuntivo nel quale saranno:

- sintetizzati gli elementi salienti tra quelli descritti nei paragrafi precedenti (sintesi del percorso conoscitivo);
- riepilogate le problematiche emerse e le relative indicazioni sui possibili rimedi (vulnerabilità riscontrate e possibili rimedi).

5.1 Sintesi del percorso conoscitivo



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

Al termine della verifica dovrà essere sintetizzato tutto il percorso conoscitivo, dai sopralluoghi preliminari, al materiale informativo reperito, alle modalità di rilievo geometrico, materico e strutturale, all'analisi dei dissesti riscontrati, ai saggi effettuati, ai modelli ed alle analisi numeriche condotte.

5.2 - Vulnerabilità riscontrate e possibili rimedi

In quest'ultimo punto vengono sintetizzati e commentati i risultati delle analisi, sia qualitative che numeriche, esprimendo un giudizio generale sul fabbricato, con riferimento ai quattro principali campi di indagine:

1. vulnerabilità non quantificabili;
2. verifiche nei confronti dei carichi statici;
3. analisi dei meccanismi locali;
4. analisi dei meccanismi globali.

Questo paragrafo è rivolto in modo particolare al Committente: sia il linguaggio che il contenuto deve essere adeguato a tale scopo. In particolare, dovranno essere chiaramente evidenziati:

- a) le eventuali limitazioni all'uso della costruzione (es. portata dei diversi campi di solaio);
- b) le vulnerabilità "non quantificabili" riscontrate;
- c) i livelli di sicurezza nei confronti dell'azione sismica, individuando i meccanismi (locali e globali) che, al crescere dell'input, progressivamente si attivano;
- d) gli eventuali interventi di consolidamento necessari (almeno a livello concettuale) per la mitigazione delle vulnerabilità riscontrate (interventi di miglioramento atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle NTC vigenti; riparazioni o interventi locali che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti).
- e) Il documento consuntivo dovrà essere completo, per ciascun edificio, della "Scheda di Sintesi di Livello 0", al fine del successivo invio alla Regione Puglia, e dalla Scheda di sintesi di livello 1 e 2 della verifica sismica di edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico, adottate dal Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale, compilate con gli appositi software. I dati raccolti dovranno altresì essere trattati secondo gli standard del Sistema Informativo per la Valutazione del Rischio Sismico (SIVARS), predisposto dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

Infine dovranno essere riportati gli indicatori di rischio di collasso e di inagibilità.

6. Documenti e normative di riferimento

Gli elaborati di verifica e il loro contenuto tecnico devono risultare coerenti con i seguenti documenti e normative che costituiscono parte integrante e sostanziale delle presenti istruzioni tecniche:

- O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i.
- D.M. 17/01/2018;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 per quanto compatibile con il D.M. 17/01/2018;
- D.P.C.M. 09/02/2011 "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008" (Gazzetta Ufficiale del 26/02/2011 n.47);
- D.P.R. n.380/2001 e ss.mm.ii.
- D.Lgs. n.50/2016 e relative Linee Guida ANAC;
- D.P.R. 207/2010 per la parte ancora in vigore;
- D.G.R. Puglia n.1214/2011 del 31.05.2011
- Linee Guida della Regione Puglia per la "Valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici ed infrastrutture strategiche rilevanti" allegate alla D.D. Settore LL. PP. N. 383 dell'11.07.2006.

Per quanto non diversamente specificato nelle NTC, si intendono coerenti con i principi alla base della stessa, le indicazioni riportate nei seguenti documenti:

- Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali o, in mancanza di esse, nella forma internazionale EN;
- Norme UNI EN armonizzate i cui riferimenti siano pubblicati su Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea;
- Norme per prove, materiali e prodotti pubblicate da UNI.



Città di Trani

Medaglia d'argento al merito civile
Provincia Barletta-Andria-Trani

III AREA - LAVORI PUBBLICI E PATRIMONIO

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione delle NTC e per quanto non in contrasto con esse, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- Istruzioni e Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.);
- Linee guida per la riduzione della vulnerabilità di elementi non strutturali arredi ed impianti – Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione civile – Giugno 2009;
- Linee guida per la riparazione e il rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni – Dipartimento Protezione Civile – ReLUIS – 2009.

**Il presente documento tecnico costituisce parte integrante e sostanziale del
Contratto di appalto del servizio professionale.**