

COMUNE DI ORISTANO

Assessorato ai Lavori Pubblici - Servizio Lavori Pubblici



RECUPERO E RICONVERSIONE FUNZIONALE DELL'EX COMPLESSO ENTE RISI

CIG: 69632900B1

CUP: H19J17000000001

PROGETTO PRELIMINARE

PROPRIETA':

COMUNE DI ORISTANO - R.U.P.: Ing. Giuseppe Pinna

PROGETTISTI:

Arch. Rossella Sanna (Capogruppo)

VPS Architetti (Mandante)

Arch. Luca Putzolu (Mandante)



VPS srl
Via Asproni, 40 - 09123 Cagliari



DESCRIZIONE ELABORATO:

Relazione delle strutture

ELABORATO:

09ST.Doc.01

SCALA:

AGG.:	DATA:	DESCRIZIONE:	AGG.:	DATA:	DESCRIZIONE:
01	30/05/2017	EMISSIONE			

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

La presente relazione specialistica costituisce parte integrante del progetto di fattibilità tecnica ed economica (ex preliminare) degli interventi strutturali da eseguirsi nell'ambito dei lavori di

_____.

Ai sensi di quanto previsto dall'**art.23** del D.Lgs. 18 Aprile 2016, n.50 "Codice dei contratti pubblici" e s.m.i., il progetto di fattibilità, limitatamente agli aspetti strutturali, è redatto sulla base dell'avvenuto svolgimento di indagini geologiche e idrogeologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche, sismiche, storiche, di verifiche preventive dell'interesse archeologico, ed evidenzia, con apposito adeguato elaborato le aree impegnate, le relative eventuali fasce di rispetto e le occorrenti misure di salvaguardia.

Indica inoltre le caratteristiche prestazionali, le specifiche funzionali, nonché i limiti di spesa dell'opera da realizzare, calcolati secondo le modalità indicate dal decreto.

La presente relazione generale ha il compito di descrivere, anche attraverso specifici riferimenti agli elaborati grafici, i criteri utilizzati per le scelte progettuali preliminari e per il conseguimento e la verifica dei prescritti livelli di sicurezza e qualitativi.

La relazione contiene inoltre la descrizione delle indagini, rilievi e ricerche effettuati in sede di progetto di fattibilità al fine di ridurre in corso di esecuzione la possibilità di imprevisti.

Opere strutturali

Nel presente progetto è prevista la realizzazione dei seguenti interventi strutturali, di seguito descritti e distinti in relazione al corpo d'opera di appartenenza.

Con riferimento all'elaborato grafico strutturale, al quale si rimanda per maggiori dettagli, sono stati infatti individuati e distinti all'interno del più ampio progetto generale i seguenti corpi d'opera, suddivisi in relazione alle carenze strutturali riscontrate ed alla tipologia di interventi strutturali previsti:

Corpo d'opera N.1:

Si tratta di una palazzina articolata su due livelli complessivi fuori terra, con struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato e solai di interpiano e copertura di tipo latero cementizio.

E' previsto nel presente progetto il recupero e la riqualificazione della struttura con eventuale adeguamento delle strutture portanti ai disposti normativi previsti per le nuove destinazioni d'uso.

Nel corso dei sopralluoghi e delle indagini effettuate sono emerse le seguenti criticità strutturali, valutate sia in funzione delle condizioni di sicurezza attuali che di quelle potenzialmente derivanti dall'utilizzo futuro della struttura:

- marcati cedimenti differenziali del piano di calpestio degli ambienti al piano terra con formazione di avvallamenti e lesioni a livello della pavimentazione;

- marcato quadro fessurativo interessante pressoché tutte le tramezzature al piano terra e parte delle tamponature;
- evidenti sconessioni tra paramenti murari e distacco sommitale di diverse murature dal soprastante solaio;
- fenomeni localizzati di ammaloramento del conglomerato cementizio armato in corrispondenza di alcune travature / cordolature di piano.

Rimandando al proseguo della relazione per maggiori dettagli a riguardo, si riassumono di seguito le principali indagini strutturali che si ritiene opportuno approfondire / condurre sulla struttura nel corso dei successivi livelli di progettazione:

- acquisizione della documentazione progettuale, qualora disponibile in tutto o in parte;
- rilievo di dettaglio delle strutture portanti;
- analisi storica con particolare riferimento all'evoluzione temporale dell'impianto strutturale;
- analisi e verifica degli stati fessurativi, cinatismi e/o stati di degrado;
- verifica della quantità di armatura presente, con particolare riferimento ai solai di interpiano e copertura ed agli elementi direttamente sostenenti;
- indagini in situ per l'ottenimento delle caratteristiche dei materiali ad uso strutturale;
- indagini in fondazione finalizzate alla caratterizzazione dei terreni di sedime ed alla determinazione delle caratteristiche tipologiche e geometriche dell'apparato fondale dell'opera (relazione geologica e geotecnica);
- verifica del corretto dimensionamento dell'opera in relazione alle risultanze di cui ai punti precedenti ed all'utilizzo previsto, da condursi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- eventuali prove di carico.

A fronte delle problematiche riscontrate si prevede la realizzazione dei seguenti interventi di consolidamento strutturale:

- verifica mediante battitura di tutte le superfici di conglomerato cementizio armato e dell'intradosso dei solai latero cementizi, al fine di individuare eventuali porzioni di intonaco e /o copriferro in distacco a causa di ammaloramenti dell'elemento strutturale sottostante;
- interventi localizzati di ripristino volumetrico del conglomerato cementizio armato previa demolizione delle parti in distacco e passivazione delle armature;
- eventuali interventi di rinforzo strutturale di solai ed elementi sostenenti che si dovessero rendere necessari a seguito della nuova organizzazione interna degli ambienti e delle nuove destinazioni d'uso, da realizzarsi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- demolizioni delle tramezzature al piano terra, della pavimentazione e del sottostante vespaio e ricostruzione degli stessi con differente tecnologia ed impostazione;
- eventuale trattamento degli elementi strutturali esposti finalizzato a conferire loro una caratteristica di resistenza al fuoco non inferiore a R60

Corpo d'opera N.2:

Si tratta di cinque capannoni affiancati ad uso industriale, ciascuno con volta a botte a spinta eliminata mediante l'inserimento di catene in acciaio.

La struttura sostenente le volte è rappresentata da un'unitaria intelaiata in conglomerato cementizio armato, priva di giunti strutturali.

E' previsto nel presente progetto il recupero e la riqualificazione della struttura con eventuale adeguamento delle strutture portanti ai disposti normativi previsti per le nuove destinazioni d'uso.

Nel corso dei sopralluoghi e delle indagini effettuate sono emerse le seguenti criticità strutturali, valutate sia in funzione delle condizioni di sicurezza attuali che di quelle potenzialmente derivanti dall'utilizzo futuro della struttura:

- marcati e diffusi fenomeni di degrado della volta latero cementizia di copertura con ossidazione delle barre di armatura interposte tra le pignatte, rigonfiamento delle stesse, espulsione del copriferro inferiore e sfondellamento delle pignatte;
- fenomeni localizzati di ammaloramento del conglomerato cementizio armato in corrispondenza di alcune travature a sostegno delle volte di copertura e delle cordolature sommitali;
- lesioni localizzate su alcuni tamponamenti;
- sconnessioni tra tamponature e struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato.

Rimandando al proseguo della relazione per maggiori dettagli a riguardo, si riassumono di seguito le principali indagini strutturali che si ritiene opportuno approfondire / condurre sulla struttura nel corso dei successivi livelli di progettazione:

- acquisizione della documentazione progettuale, qualora disponibile in tutto o in parte;
- rilievo di dettaglio delle strutture portanti;
- analisi storica con particolare riferimento all'evoluzione temporale dell'impianto strutturale;
- analisi e verifica degli stati fessurativi, cinatismi e/o stati di degrado;
- verifica della quantità di armatura presente, con particolare riferimento alle volte di copertura ed agli elementi direttamente sostenenti;
- indagini in situ per l'ottenimento delle caratteristiche dei materiali ad uso strutturale;
- indagini in fondazione finalizzate alla caratterizzazione dei terreni di sedime ed alla determinazione delle caratteristiche tipologiche e geometriche dell'apparato fondale dell'opera (relazione geologica e geotecnica);
- verifica del corretto dimensionamento dell'opera in relazione alle risultanze di cui ai punti precedenti ed all'utilizzo previsto, da condursi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M.. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- eventuali prove di carico.

A fronte delle problematiche riscontrate si prevede la realizzazione dei seguenti interventi di consolidamento strutturale:

- verifica mediante battitura di tutte le superfici di conglomerato cementizio armato e dell'intradosso dei solai a volta di copertura, latero cementizi, al fine di individuare eventuali porzioni di intonaco e/o copriferro in distacco a causa di ammaloramenti dell'elemento strutturale sottostante;
- interventi localizzati di ripristino volumetrico del conglomerato cementizio armato previa demolizione delle parti in distacco e passivazione delle armature;
- interventi di rinforzo strutturale di volte ed elementi sostenenti che si dovessero rendere necessari a seguito della verifica dell'entità dei danneggiamenti conseguenti ai fenomeni di degrado, da realizzarsi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- interventi di ricucitura delle sconnessioni tra tamponature e struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato;
- interventi di ripristino dei pannelli murari lesionati, previa analisi e risoluzione delle problematiche all'origine del dissesto;
- eventuale trattamento degli elementi strutturali esposti finalizzato a conferire loro una caratteristica di resistenza al fuoco non inferiore a R60

Corpo d'opera N.3:

Si tratta di una copertura a volta di tipo leggero, interposta e strutturalmente connessa a due corpi di fabbrica tra loro indipendenti e con struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato (Corpi d'opera N.1 e N.4).

La copertura in argomento è composta da un'orditura principale costituita da archi in profili a doppio T saldati, in acciaio, ad anima piena. La spinta alle imposte degli archi è eliminata mediante l'inserimento di catene in acciaio.

Superiormente è presente un'orditura secondaria in acciaio, in profili cavi rettangolari, sostenente delle lastre ondulate di copertura in eternit.

E' previsto nel presente progetto la rimozione delle lastre ondulate di copertura in eternit ed il recupero e la riqualificazione della struttura portante in acciaio che rimarrà ad aria passante.

Nel corso dei sopralluoghi e delle indagini effettuate sono emerse le seguenti criticità strutturali, valutate sia in funzione delle condizioni di sicurezza attuali che di quelle potenzialmente derivanti dall'utilizzo futuro della struttura:

- fenomeni incipienti e diffusi di ossidazione degli acciai ad uso strutturale impiegati per la realizzazione delle capriate di copertura;
- mancanza di un efficace ed organico sistema di controventature di piano.

Rimandando al proseguo della relazione per maggiori dettagli a riguardo, si riassumono di seguito le principali indagini strutturali che si ritiene opportuno approfondire / condurre sulla struttura nel corso dei successivi livelli di progettazione:

- acquisizione della documentazione progettuale, qualora disponibile in tutto o in parte;
- rilievo di dettaglio delle strutture portanti;
- analisi storica con particolare riferimento all'evoluzione temporale dell'impianto strutturale;

- analisi e verifica degli stati fessurativi, cinematismi e/o stati di degrado;
- indagini in situ per l'ottenimento delle caratteristiche dei materiali ad uso strutturale;
- analisi e verifica di dettaglio dei sistemi di appoggio della copertura alle strutture adiacenti;
- verifica delle catene e dell'efficienza dei collegamenti;
- verifica del corretto dimensionamento dell'opera in relazione alle risultanze di cui ai punti precedenti ed all'utilizzo previsto, da condursi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- eventuali prove di carico.

A fronte delle problematiche riscontrate ed in funzione del raggiungimento delle finalità progettuali si prevede la realizzazione dei seguenti interventi strutturali:

- rimozione della copertura esistente in lastre ondulate di eternit;
- verifica ed eventuale sostituzione di bullonature e catene;
- sverniciatura completa di tutti gli elementi ad uso strutturale in acciaio , trattamento antiruggine e verniciatura degli stessi;
- eventuale integrazione delle controventature di piano.

Corpo d'opera N.4:

Si tratta di sei capannoni affiancati ad uso industriale, di rilevanti dimensioni longitudinali (circa 50m), ciascuno con volta a botte a spinta eliminata mediante l'inserimento di catene in acciaio.

Le luci delle volte affiancate presentano un'alternanza regolare che va dai 6,50m della prima volta concorrente sul prospetto a Sud a circa 15,00m della volta adiacente, per poi proseguire fino al prospetto opposto con la stessa cadenza.

La struttura portante del complesso di capannoni è rappresentata da una doppia intelaiata in conglomerato cementizio armato.

La dimensione maggiore dei capannoni è stata infatti interrotta mediante inserimento ai 25,00m, di un giunto strutturale protetto dalle intemperie mediante lastre di piombo, la cui giacitura si sviluppa in direzione trasversale rispetto alla dimensione maggiore dei capannoni stessi.

E' previsto nel presente progetto il recupero e la riqualificazione della struttura con eventuale adeguamento delle strutture portanti ai disposti normativi previsti per le nuove destinazioni d'uso.

In particolare si prevede di rialzare la pavimentazione dei capannoni con luce libera minore fino alla quota della pavimentazione dei capannoni adiacenti (circa 1,00m).

Si prevede inoltre la realizzazione di nuove strutture all'interno del volume, indipendenti dalle strutture originarie, a sostegno delle unità di climatizzazione e più in generale a delimitazione dei volumi tecnici individuati.

Nel corso dei sopralluoghi e delle indagini effettuate sono emerse le seguenti criticità strutturali, valutate sia in funzione delle condizioni di sicurezza attuali che di quelle potenzialmente derivanti dall'utilizzo futuro della struttura:

- fenomeni localizzati di ammaloramento del conglomerato cementizio armato in corrispondenza di alcuni pilastri e delle cordolature sommitali;
- sconessioni tra tamponature e struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato;
- lesioni localizzate su alcuni tamponamenti;
- degrado dei giunti strutturali.

Rimandando al proseguo della relazione per maggiori dettagli a riguardo, si riassumono di seguito le principali indagini strutturali che si ritiene opportuno approfondire / condurre sulla struttura nel corso dei successivi livelli di progettazione:

- acquisizione della documentazione progettuale, qualora disponibile in tutto o in parte;
- rilievo di dettaglio delle strutture portanti;
- analisi storica con particolare riferimento all'evoluzione temporale dell'impianto strutturale;
- analisi e verifica degli stati fessurativi, cinematismi e/o stati di degrado;
- verifica della quantità di armatura presente, con particolare riferimento alle volte di copertura ed agli elementi direttamente sostenenti;
- indagini in situ per l'ottenimento delle caratteristiche dei materiali ad uso strutturale;
- indagini in fondazione finalizzate alla caratterizzazione dei terreni di sedime ed alla determinazione delle caratteristiche tipologiche e geometriche dell'apparato fondale dell'opera (relazione geologica e geotecnica);
- verifica del corretto dimensionamento dell'opera in relazione alle risultanze di cui ai punti precedenti ed all'utilizzo previsto, da condursi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- eventuali prove di carico

A fronte delle problematiche riscontrate ed in funzione del raggiungimento delle finalità progettuali si prevede la realizzazione dei seguenti interventi strutturali:

- verifica mediante battitura di tutte le superfici di conglomerato cementizio armato e dell'intradosso del solaio a volta di copertura, latero cementizio, al fine di individuare eventuali porzioni di intonaco e /o copriferro in distacco a causa di ammaloramenti dell'elemento strutturale sottostante;
- interventi localizzati di ripristino volumetrico del conglomerato cementizio armato previa demolizione delle parti in distacco e passivazione delle armature;
- interventi localizzati di consolidamento statico fondale di alcuni pilastri;
- interventi di ricucitura delle sconessioni tra tamponature e struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato;
- interventi di ripristino dei pannelli murari lesionati, previa analisi e risoluzione delle problematiche all'origine del dissesto
- sostituzione dei giunti strutturali;
- sopraelevazione dell'attuale piano di calpestio dei capannoni centrali di luce pari a circa 6,50m;
- realizzazione delle nuove strutture portanti indipendenti, interne al volume esistente, a sostegno delle unità di climatizzazione e più in generale a delimitazione dei volumi tecnici individuati;

- trattamento degli elementi strutturali esposti finalizzato a conferire loro una caratteristica di resistenza al fuoco non inferiore a R60

Corpo d'opera N.5:

Si tratta di una palazzina articolata su due livelli complessivi fuori terra, con struttura portante intelaiata in conglomerato cementizio armato e solai di interpiano e copertura di tipo latero cementizio.

E' previsto nel presente progetto il recupero e la riqualificazione della struttura con eventuale adeguamento delle strutture portanti ai disposti normativi previsti per le nuove destinazioni d'uso.

Nel corso dei sopralluoghi e delle indagini effettuate sono emerse le seguenti criticità strutturali, valutate sia in funzione delle condizioni di sicurezza attuali che di quelle potenzialmente derivanti dall'utilizzo futuro della struttura:

- marcati cedimenti differenziali del piano di calpestio degli ambienti al piano terra con formazione di avvallamenti e lesioni a livello della pavimentazione;
- marcato quadro fessurativo interessante pressoché tutte le tramezzature al piano terra e parte delle tamponature;
- evidenti sconessioni tra paramenti murari e distacco sommitale di diverse murature dal soprastante solaio;
- fenomeni localizzati di ammaloramento del conglomerato cementizio armato in corrispondenza di alcune travature / cordolature di piano e delle pensiline esterne.

Rimandando al proseguo della relazione per maggiori dettagli a riguardo, si riassumono di seguito le principali indagini strutturali che si ritiene opportuno approfondire / condurre sulla struttura nel corso dei successivi livelli di progettazione:

- acquisizione della documentazione progettuale, qualora disponibile in tutto o in parte;
- rilievo di dettaglio delle strutture portanti;
- analisi storica con particolare riferimento all'evoluzione temporale dell'impianto strutturale;
- analisi e verifica degli stati fessurativi, cinematismi e/o stati di degrado;
- verifica della quantità di armatura presente, con particolare riferimento ai solai di interpiano e copertura ed agli elementi direttamente sostenenti;
- indagini in situ per l'ottenimento delle caratteristiche dei materiali ad uso strutturale;
- indagini in fondazione finalizzate alla caratterizzazione dei terreni di sedime ed alla determinazione delle caratteristiche tipologiche e geometriche dell'apparato fondale dell'opera (relazione geologica e geotecnica);
- verifica del corretto dimensionamento dell'opera in relazione alle risultanze di cui ai punti precedenti ed all'utilizzo previsto, da condursi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- eventuali prove di carico.

A fronte delle problematiche riscontrate si prevede la realizzazione dei seguenti interventi di consolidamento strutturale:

- verifica mediante battitura di tutte le superfici di conglomerato cementizio armato e dell'intradosso dei solai latero cementizi, al fine di individuare eventuali porzioni di intonaco e /o copriferro in distacco a causa di ammaloramenti dell'elemento strutturale sottostante;
- interventi localizzati di ripristino volumetrico del conglomerato cementizio armato previa demolizione delle parti in distacco e passivazione delle armature;
- eventuali interventi di rinforzo strutturale di solai ed elementi sostenenti che si dovessero rendere necessari a seguito della nuova organizzazione interna degli ambienti e delle nuove destinazioni d'uso, da realizzarsi ai sensi di quanto disposto al cap. 8 del D.M. 14 / 01/ 2008 e relativa Circolare;
- demolizioni delle tramezzature al piano terra, della pavimentazione e del sottostante vespaio e ricostruzione degli stessi con differente tecnologia ed impostazione;
- eventuale trattamento degli elementi strutturali esposti finalizzato a conferire loro una caratteristica di resistenza al fuoco non inferiore a R60.

Normativa tecnica di riferimento per le opere strutturali

La progettazione delle opere descritte verrà eseguita in ottemperanza alle vigenti norme e prescrizioni in materia strutturale:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14/01/2008 - *Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U.04/02/2008 n. 29, S.O. n. 30)*;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M.14 gennaio 2008 (bozza del 07/03/2008)*;
- Circolare del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 2 febbraio 2009 , n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008 - (Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 - Suppl. Ordinario n.27)*;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 15 novembre 2011 - *(Gazzetta n. 270 del 19 novembre 2011)*.

e, per quanto di competenza e vigente, ma anche per costituire un utile panorama di riferimento:

- Legge dello Stato 05/11/1971 n.1086 - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica (G.U. 21.12.1971 n. 321)*;
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 14/02/1974 n. 11951 - *Applicazione delle norme sul cemento armato*;
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 25/01/1975 n. 13229 - *L'impiego di materiali con elevate caratteristiche di resistenza per cemento armato normale e precompresso*;
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 27/07/1985 - *Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche*;
- Raccomandazioni CNR 10024/86 - *Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo*;

- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 01/09/1987 n. 29010 - *Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - D.M.27/7/1985 Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare;*
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 20/11/1987 - *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento (S.O. alla G.U. 05.12.1987 n. 285);*
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 03/12/1987 - *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;*
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988 - *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (G.U. 01/06/1988 n. 127);*
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 24/09/1988 n. 30483 - *Legge 2 febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione;*
- CNR-UNI 10011:1988 - *Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;*
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 14/02/1992 - *Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (S.O. alla G.U. 18/03/1992 n. 65);*
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 16/07/1992 n.36105 - *Legge 5-11-1971, n. 1086, D.M. 14-2-1992.*
Acciai per cemento armato e da carpenteria;
- Decreto Presidente della Repubblica 21.04.1993 n. 246 – *Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione (G.U. 22/07/1993 n. 170);*
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 37406/STC - Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale - *Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a.a normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 14-2-1992;*
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 09/01/1996 - *Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 05/02/1996 n. 29);*
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16/01/1996 - *Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» (G.U. 05/02/1996 n. 29);*
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252 AA.GG./S.T.C. - *Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento*

- armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9 gennaio 1996. (n. 252 AA.GG./S.T.C) (S.O. alla G.U. 26/11/1996 n. 277);*
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 24/09/1998 n. 30483 – *Istruzioni per l'applicazione delle norme sui terreni e sulle fondazioni;*
 - Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 05/08/1999 - *Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;*
 - Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 14/12/1999 n.346/STC - *Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20 - Concessione ai laboratori per prove sui materiali da costruzione;*
 - Circolare Ministero delle Attività Produttive 05/08/2004 – *Norme armonizzate in applicazione della direttiva 89/106/CE sui materiali da costruzione – Appendice ZA (G.U. 14/09/2004 n. 216 – S.O. n. 152);*
 - UNI EN 206-1:2006 - *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;*
 - Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 11/04/2007 – *Applicazione della direttiva n°89/106/CEE sui prodotti da costruzione recepita con D.P.R. 21/04/1993, n° 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati (G.U. 19/04/2007 n. 91);*
 - Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 23/11/2007 - *Dichiarazione di "grande evento" nel territorio nazionale in occasione delle celebrazioni per il 150° Anniversario dell'Unità d'Italia (G.U. 03/12/2007 n.281);*
 - Linee Guida 20/03/2008 - *Linee guida per il coordinamento della sicurezza nella realizzazione delle Grandi Opere;*
 - Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale, dicembre 1996;
 - Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale, marzo 2003;
 - Linee guida su calcestruzzi strutturali ad alta resistenza ($75 \text{ N/mm}^2 < R_{ck} < 115 \text{ N/mm}^2$) - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale, luglio 2001;
 - UNI EN 206-1:2006 - *Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;*
 - Legge dello Stato 02/02/1974 n. 64 - *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (G.U. 21/03/1974 n. 76);*
 - Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 24/01/1986 - *Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche (G.U. 12/05/1986 n. 108);*
 - Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 19/07/1986 n. 27690 - *D.M. 24-1-1986. Istruzioni relative alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica;*
 - Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16/01/1996 - *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 05/02/1996 n. 29);*

- Nota del Dipartimento Protezione Civile 04/06/2003 – Ufficio Servizio Sismico Nazionale - *Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»* (G.U. 08/05/2003 n. 105);
- Decreto Presidenza del Consiglio dei Ministri 21/10/2003 – *Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003, n. 3274, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»;*
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 28/04/2006 n. 3519 – *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime* (G.U. 11/05/2006 n. 108);
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 03/05/2005 n. 3431 - *Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».* (G.U. 10/05/2005 n. 107 – S.O. n. 85);
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 02/10/2003 n. 3316 – *Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»* (G.U. 10/10/2003 n. 236);
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 20/03/2003 n. 3274 - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica* (G.U. 08/05/2003 n. 105);
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14/09/2005 - *Norme Tecniche per le Costruzioni (ex"Testo unico" delle Norme Tecniche per le Costruzioni)* (G.U. 23/09/2005 n. 222 – S.O. n. 159);
- Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri 28/04/2006 n. 3519 - *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone* (G.U. 11/05/2006 n. 108);
- Linee Guida 10/05/2006 - Dipartimento della Protezione Civile di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali - *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni;*
- Direttiva Presidente del Consiglio dei Ministri 12/10/2007 - *Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni* (G.U. 29/01/2008 n. 24);

Specifiche per i materiali da adoperare per i conglomerati cementizi

1. Leganti:

si impiegheranno esclusivamente leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia (L. 26/5/1965, n. 595 e s.m.i.);

2. Inerti:

naturali o di frantumazione, saranno costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco avranno dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature;

3. Acqua:

per gli impasti sarà limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non aggressiva;

4. Armature:

non si porranno in opera armature eccessivamente ossidate, corrosive, recanti difetti superficiali, che ne menomino la resistenza o ricoperte da sostanze che possono ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato. La classe impiegata per l'acciaio ordinario è B450C per tutte le strutture. Per il solaio post-teso si utilizzerà armatura di precompressione del tipo trefolo compatto da 165 mmq, classe di resistenza 1860;

5. Impasti:

la distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto saranno adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato. Il quantitativo d'acqua sarà il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti. Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, sarà scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato. L'impasto sarà fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto. È previsto l'utilizzo della classe C25/30 (Rck 30N/mmq) per le strutture in fondazione (plinti, travi e platee), C28/35 (Rck 35N/mmq) per le strutture in elevazione.

Indirizzi e contenuti minimi richiesti per le successive fasi progettuali strutturali

Ai sensi di quanto disposto dall'**art.35** del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 e dall'**art.23** del D.Lgs. 18 Aprile 2016, n.50 "Codice dei contratti pubblici" e s.m.i., il progetto definitivo ed esecutivo dovranno prevedere le medesime relazioni specialistiche, che illustrino puntualmente le indagini integrative, le soluzioni adottate e le eventuali modifiche rispetto al progetto di fattibilità.

Ai sensi di quanto disposto dall'**art.36** del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 e dall'**art.23** del D.Lgs. 18 Aprile 2016, n.50 "Codice dei contratti pubblici" e s.m.i., in sede di progettazione di fattibilità gli elaborati preliminari delle strutture, stabiliscono i profili e le caratteristiche più significative degli

elaborati dei successivi livelli di progettazione, in funzione delle dimensioni economiche e della tipologia e categoria dell'intervento.

In particolare comprende il progetto di fattibilità comprende i seguenti elaborati:

- a) planimetria generale con individuazione delle aree di intervento e suddivisione dell'intero complesso in corpi d'opera elementari in relazione alle carenze strutturali riscontrate ed alla tipologia di interventi strutturali previsti;
- b) planimetria generale con individuazione planimetrica e fotografica delle problematiche strutturali riscontrate;
- c) planimetria generale con definizione dei piani delle indagini previsti per ciascun corpo d'opera, da svolgersi nel corso delle fasi successive della progettazione;
- d) planimetria generale con indicazione degli interventi strutturali previsti per ciascun corpo d'opera a fronte delle problematiche riscontrate;
- e) relazione tecnica ed illustrativa contenente la descrizione generale dell'opera, l'individuazione e descrizione delle problematiche riscontrate, l'individuazione degli interventi necessari per far fronte alle carenze riscontrate e gli indirizzi progettuali per i successivi livelli di progettazione. Un capitolo specifico dell'elaborato riguarda infine la definizione delle indagini strutturali propedeutiche, per ciascun corpo d'opera, all'approfondimento delle cause all'origine degli stati di degrado / dissesto ed alla definizione definitiva ed esecutiva degli interventi di recupero / consolidamento.

In sede di progettazione definitiva ed esecutiva i calcoli delle strutture, nell'osservanza delle normative vigenti, dovranno essere eseguiti con l'ausilio di idonei programmi informatici e consentiranno la definizione ed il dimensionamento delle stesse in ogni loro aspetto generale e particolare, in modo da escludere la necessità di variazioni in corso di esecuzione.

La progettazione definitiva ed esecutiva delle strutture sarà effettuata unitamente alla progettazione definitiva ed esecutiva delle opere civili al fine di prevedere esattamente ingombri, passaggi, cavedi, sedi, attraversamenti e simili e di ottimizzare le fasi di realizzazione.

I calcoli delle strutture saranno inoltre accompagnati da una relazione illustrativa dei criteri e delle modalità di calcolo che ne consentiranno una agevole lettura e verificabilità.

In dettaglio il progetto esecutivo delle strutture dovrà comprendere:

a) gli elaborati grafici di insieme (carpenterie, profili e sezioni) in scala opportuna, e **gli elaborati grafici di dettaglio** contenenti fra l'altro:

- 1) per le strutture in cemento armato: i tracciati dei ferri di armatura con l'indicazione delle sezioni e delle misure parziali e complessive, nonché i tracciati delle armature per la precompressione; resta esclusa soltanto la compilazione delle distinte di ordinazione a carattere organizzativo di cantiere;
- 2) per le strutture metalliche e lignee: tutti i profili e i particolari relativi ai collegamenti, completi nella forma e spessore delle piastre, del numero e posizione di chiodi e bulloni, dello spessore, tipo,

posizione e lunghezza delle saldature; resta esclusa soltanto la compilazione dei disegni di officina e delle relative distinte pezzi;

3) per le strutture murarie: tutti gli elementi tipologici e dimensionali atti a consentirne l'esecuzione.

b) la relazione di calcolo contenente:

1) l'indicazione delle norme di riferimento;

2) la specifica della qualità e delle caratteristiche meccaniche dei materiali e delle modalità di esecuzione qualora necessarie;

3) l'analisi dei carichi per i quali le strutture sono state dimensionate;

4) le verifiche statiche.

Sicurezza e prestazioni attese

Principi fondamentali:

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle vigenti norme.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale, intendendo per Stato limite la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;

- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;

- *robustezza nei confronti di azioni eccezionali*: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

La durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, deve essere garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione.

I prodotti ed i componenti utilizzati per le opere strutturali devono essere chiaramente identificati in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche indispensabili alla valutazione della sicurezza e dotati di idonea qualificazione.

I materiali ed i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere ad uso strutturale, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione definite nelle parti specifiche delle vigenti norme in materia di sicurezza strutturale.

La fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, deve essere accompagnata da un manuale di installazione e di manutenzione da allegare alla documentazione dell'opera. I componenti, sistemi e prodotti, edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.

Le azioni da prendere in conto devono essere assunte in accordo con quanto stabilito nei relativi capitoli delle vigenti norme.

Verifiche:

Le opere strutturali devono essere verificate:

- a) per gli **stati limite ultimi** che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;
- b) per gli **stati limite di esercizio** definiti in relazione alle prestazioni attese.

Le verifiche di sicurezza delle opere devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta in base a specifiche indagini.

Per le opere per le quali nel corso dei lavori si dovessero manifestare situazioni significativamente difformi da quelle di progetto occorrerà effettuare le relative necessarie verifiche.

Valutazione della sicurezza:

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati. Nel seguito sono normati i criteri del **metodo semiprobabilistico agli stati limite** basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, applicabili nella generalità dei casi.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

dove

R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$ delle azioni.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

Vita nominale:

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale assunta per le opere in progetto è pari a **50anni**, corrispondente a quella per opere di tipo 2 del D.M. 14/01/2008 " Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"

Classe d'uso:

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La classe assunta per le opere in progetto è la **Classe II**.

Periodo di riferimento per l'azione sismica:

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab.2.4.II del D.M. 14/01/2008. Nel caso delle opere in oggetto il periodo di riferimento è assunto pari a: **50anni**

Azioni sulla costruzione:

Le verifiche prestazionali delle strutture sono state condotte nei riguardi delle seguenti azioni, conformemente a quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 e relativa Circolare Esplicativa n.617 del 02/02/2009:

- *pesi propri degli elementi strutturali*: per la determinazione dei pesi propri strutturali dei materiali impiegati sono stati assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab.3.1.I. del D.M. 14/01/2008;

- *carichi permanenti non strutturali*: sono stati considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro;

- *carichi variabili*: i carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/mq];
- carichi verticali concentrati Q_k [kN];
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m].

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici.			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	Ambienti ad uso commerciale.			
	Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini,	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00

- *azione sismica*: le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, sono state definite a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{V_R} , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In allegato alle N.T.C. 2008, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio considerati nel presente intervento sono:

- **Stato Limite di Danno (SLD)**: a seguito del terremoto 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 rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell’interruzione d’uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi considerati nel presente intervento sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione sarà effettuata in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. La condizione topografica assunta, individuata tra quelle di cui alla tabella 3.2.IV è la **T1** "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ "

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Nel caso specifico, trattandosi di **sito ricadente in zona 4**, ai sensi di quanto prescritto dalla norma, non verrà considerata la componente verticale.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali;

- *azione del vento*: il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3 del D.M 14/01/2008. Peraltro, per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte e che tengano conto della dinamica del sistema azioni.

Nel caso in studio, in relazione al corpo d'opera oggetto di analisi, le azioni del vento saranno tenute in debita considerazione o meno, in ragione del fatto che i loro effetti possano avere influenze statiche di rilievo sulla base della posizione, dimensione, forma e tipologia del corpo d'opera.

Per la valutazione dell'azione del vento si farà riferimento a quanto prescritto nel D.M.14/01/2008, par. 3.3 che definisce le seguenti grandezze ed al quale si rimanda per la definizione analitica compiuta delle stesse:

a) velocità di riferimento: la velocità di riferimento v_b è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. Nel caso specifico, tenuto conto che la zona di appartenenza dell'intervento è la **Zona 6** (Sardegna - zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena) e che l'altitudine del sito sul livello del mare (in m) è pari a circa 10m, è stata assunta una velocità di riferimento pari a **2800cm/s**;

b) pressione cinetica di riferimento q_b , assunta sulla base di quanto indicato al paragrafo 3.3.6, pari a **49daN/mq**;

c) coefficiente di esposizione c_e : il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per la valutazione del coefficiente di esposizione si è fatto riferimento ad una categoria di **esposizione II**, derivante da una **classe di rugosità del terreno B** ed una distanza dalla costa inferiore a 10km;

d) coefficiente di forma c_p : è il coefficiente aerodinamico, funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore è stato ricavato da dati suffragati da documentazione di comprovata validità (Circolare 4 Luglio 1996 n.156) con particolare riferimento alla determinazione delle azioni di sollevamento sulle falde sopravvento e sottovento;

e) coefficiente dinamico c_d : tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità sperimentali in galleria del vento. Nel caso specifico è stato assunto pari a 1.

Determinate le grandezze sopra descritte, la pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- *azione della temperatura*: si è tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione che comporteranno variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di **15° C**.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3).

La distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) è stata assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2008;

- *azione della neve*: Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa (Cfr. §3.3.7 D.M. 14/01/2008):

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t$$

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/mq], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2008 per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr. § 3.4.4).

Si riportano di seguito i dati di ingresso utilizzati per la determinazione delle grandezze sopra elencate:

- Zona geografica: III
- Altitudine del sito: 10m s.l.m.m.
- Tipo di esposizione: normale - coefficiente di esposizione 1
- Coefficiente termico: 1
- Carico di neve al suolo q_{sk} : 60daN/mq
- Coefficiente di forma: variabile in funzione della pendenza e della conformazione della copertura.

I coefficienti assunti sono stati ricavati da dati suffragati da documentazione di comprovata validità (D.M. 14/01/2008, par. 3.4.5 e Circolare 4 Luglio 1996 n.156, par.6.2 “coefficienti di forma per il carico neve”)

Determinate le grandezze sopra descritte, il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_t$$

Si rimanda alle relazioni di dettaglio per la definizione numerica del carico specifico dovuto alla neve assunto per le verifiche di sicurezza di ciascun corpo d’opera.

- *azioni eccezionali*: sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti. Quando è necessario tenerne conto esplicito, si considererà la combinazione eccezionale di azioni di cui al § 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

Quando non si effettuano verifiche specifiche nei confronti delle azioni eccezionali, quali esplosioni, urti, ecc., la concezione strutturale, i dettagli costruttivi ed i materiali usati dovranno essere tali da evitare che la struttura possa essere danneggiata in misura sproporzionata rispetto alla causa.

- *incendio*: al fine di limitare i rischi derivanti dagli incendi, le costruzioni devono essere progettate e costruite in modo tale da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti e limitare la propagazione del fuoco e dei fumi secondo quanto previsto dalle normative antincendio. Gli obiettivi suddetti, sono raggiunti attraverso l’adozione di misure e sistemi di protezione attiva e passiva. Tutti i sistemi di protezione dovranno essere adeguatamente mantenuti. Le prestazioni richieste alle strutture di una costruzione, in funzione degli obiettivi sopra definiti, sono individuate in termini di livello nella tabella 3.5.IV

Tabella 3.5.IV – Livelli di prestazione in caso di incendi

Livello I	Nessun requisito specifico di resistenza al fuoco dove le conseguenze del collasso delle strutture siano accettabili o dove il rischio di incendio sia trascurabile;
Livello II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per un periodo sufficiente a garantire l’evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all’esterno della costruzione;
Livello III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per un periodo congruo con la gestione dell’emergenza;
Livello IV	Requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per garantire, dopo la fine dell’incendio, un limitato danneggiamento delle strutture stesse;
Livello V	Requisiti di resistenza al fuoco delle strutture per garantire, dopo la fine dell’incendio, il mantenimento della totale funzionalità delle strutture stesse.

I livelli di prestazione comportano classi di resistenza al fuoco, stabilite per i diversi tipi di costruzioni. In particolare, per le costruzioni nelle quali si svolgono attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, ovvero disciplinate da specifiche regole tecniche di prevenzione incendi, i livelli di prestazione e le connesse classi di resistenza al fuoco sono stabiliti dalle disposizioni emanate dal Ministero dell'Interno ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica del 29 luglio 1982, n. 577 e successive modificazioni e integrazioni.

Le classi di resistenza al fuoco sono: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 e 360 ed esprimono il tempo, in minuti primi, durante il quale la resistenza al fuoco deve essere garantita.

Le classi di resistenza al fuoco sono riferite all'incendio convenzionale rappresentato dalle curve di incendio nominali.

La sicurezza del sistema strutturale in caso di incendio si determina sulla base della resistenza al fuoco dei singoli elementi strutturali, di porzioni di struttura o dell'intero sistema costruttivo.

L'analisi della resistenza al fuoco può essere così articolata:

- individuazione dell'incendio di progetto appropriato alla costruzione in esame;
- analisi della evoluzione della temperatura all'interno degli elementi strutturali;
- analisi del comportamento meccanico delle strutture esposte al fuoco;
- verifiche di sicurezza.

Rimandando ai capitoli specifici per lo sviluppo degli aspetti di dettaglio, ci si limita a dire in tal sede che la verifica della resistenza al fuoco sarà eseguita controllando che la resistenza meccanica venisse mantenuta per il tempo corrispondente alla classe di resistenza al fuoco della struttura con riferimento alla curva nominale di incendio.

Nel caso in oggetto, in relazione alla destinazione d'uso prevista ed alle caratteristiche distributive interne, è stato valutato che le strutture portanti dei corpi d'opera n.1, 2, 4, 5 debbano possedere una caratteristica di resistenza al fuoco non inferiore a **R60**, da confermarsi eventualmente nei successivi livelli di progettazione, da assicurare eventualmente anche mediante interventi specifici sulle membrature esposte.

Combinazione di calcolo delle Azioni:

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M.14/01/2008 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2008. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);

- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (vedi § 3.2 formula 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (vedi § 3.6 formula 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G2 (pesi propri di tutti gli elementi non strutturali).

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza da impiegare per le combinazioni, γ_{Gi} e γ_{Qi} sono forniti in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni (form. 3.2.16 delle N.T.C. 2008).

Degrado:

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

Tolleranze:

Nel calcolo si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991- EN206- EN 1992-2005:

- Copriferro –5 mm (EC2 4.4.1.3);
- per dimensioni ≤ 150 mm, tolleranza +/- 5 mm
- per dimensioni ≤ 400 mm, tolleranza +/- 15 mm
- per dimensioni ≥ 2500 mm, tolleranza +/- 30 mm

Per i valori intermedi è possibile interpolare linearmente.

Durabilità:

Per garantire la durabilità della struttura sono stati presi in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture.

La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 14/01/2008 e relative Istruzioni.

Prestazioni attese al collaudo:

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 14/01/2008.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

Interventi su strutture esistenti

Nel caso in esame un'aliquota preponderante degli interventi strutturali previsti riguarderà strutture esistenti.

Per tale motivo si ritiene opportuno in tal sede, con riferimento a quanto prescritto al Cap.8 "Costruzioni esistenti" del D.M.14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e relativa Circolare esplicativa n.617 del 02/02/2009, definire fin d'ora i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti. Al fine di fornire ai progettisti, nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente, adeguati mezzi e conoscenze indispensabili per poter condurre la valutazione della sicurezza strutturale del complesso, sarà indispensabile programmare una adeguata campagna di indagini sulla struttura in argomento.

Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a:

- stabilire se una struttura esistente sia in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni,

oppure

- a 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 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

Le NTC individuano due grandi categorie di situazioni nelle quali è obbligatorio effettuare la verifica di sicurezza, essendo entrambe le categorie comunque riconducibili ad un significativo peggioramento delle condizioni di sicurezza iniziali o di progetto secondo la normativa dell'epoca della costruzione:

1) variazioni, improvvise o lente, indipendenti dalla volontà dell'uomo (ad esempio: danni dovuti al terremoto, a carichi verticali eccessivi, a urti, etc., danni dovuti a cedimenti fondali, degrado delle malte nella muratura, corrosione delle armature nel c.a., etc., errori progettuali o esecutivi, incluse le situazioni in cui i materiali o la geometria dell'opera non corrispondano ai dati progettuali);

2) variazioni dovute all'intervento dell'uomo, che incide direttamente e volontariamente sulla struttura (v. § 8.4 delle NTC) oppure sulle azioni (ad esempio: aumento dei carichi verticali dovuto a cambiamento di destinazione d'uso), o che incide indirettamente sul comportamento della struttura (ad esempio gli interventi non dichiaratamente strutturali di cui al § 8.2 delle NTC).

Le modalità di verifica dipendono dal modo in cui tali variazioni si riflettono sul comportamento della struttura:

- variazioni relative a porzioni limitate della struttura, che influiscono solo sul comportamento locale di uno o più elementi strutturali o di porzioni limitate della struttura (v. anche § 8.4 delle NTC);

- variazioni che implicano sostanziali differenze di comportamento globale della struttura.

Nel **primo caso** la verifica potrà concernere solamente le porzioni interessate dalle variazioni apportate (ad esempio la verifica relativa alla sostituzione, al rafforzamento o alla semplice variazione di carico su un singolo campo di solaio potrà concernere solo quel campo e gli elementi che lo sostengono).

Nel **secondo caso**, invece, la verifica sarà necessariamente finalizzata a determinare l'effettivo comportamento della struttura nella nuova configurazione (conseguente ad un danneggiamento, ad un intervento, etc.).

Dall'obbligatorietà della verifica è normalmente esclusa la situazione determinata da una variazione delle azioni che interviene a seguito di una revisione della normativa, per la parte che definisce l'entità delle azioni, o delle zonazioni che differenziano le azioni ambientali (sisma, neve, vento) nelle diverse parti del territorio italiano.

In dettaglio, il caso in oggetto potrebbe ricadere sia nella **categoria 1)**, limitatamente ad eventuali criticità imputabili a degrado dei materiali ad uso strutturale e/o a modificazioni delle caratteristiche

del terreno di sedime che nella **categoria 2**), limitatamente ad eventuali criticità connesse ad interventi edilizi successivi all'edificazione originaria.

In merito alle modalità di verifica si ritiene opportuno estendere la procedura di verifica a tutti i corpi di fabbrica costituenti il complesso, circoscrivendo eventualmente le indagini laddove si riscontrino esclusivamente problematiche di tipo localizzato.

Gli esiti delle verifiche dovranno permettere di stabilire se ed eventualmente quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza delle NTC.

Le alternative previste dalla norma sono sintetizzabili nella continuazione dell'uso attuale, nella modifica della destinazione d'uso o nell'adozione di opportune cautele e, infine, nella necessità di effettuare un intervento di aumento o ripristino della capacità portante, che può ricadere nella fattispecie del miglioramento o dell'adeguamento.

Nel caso specifico, sulla base dell'insussistenza dei presupposti minimi di norma (Cap.8, par. 8.4.1 del D.M. 14/01/2008), si ritiene in via preliminare che la progettazione non debba necessariamente prevedere l'adeguamento strutturale della costruzione, ma possa invece essere indirizzata verso interventi di miglioramento, atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente pur senza raggiungere i livelli richiesti dalle vigenti norme o di riparazione locale, che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi.

Nel caso specifico, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato in relazione al comportamento strutturale attendibile della costruzione, tenendo conto delle indicazioni desumibili dalle indagini da effettuare sullo stabile, di seguito brevemente riassunte:

Analisi storico-critica:

ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato;

Rilievo:

il rilievo geometrico-strutturale, riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi, permetterà di individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi;

Caratterizzazione meccanica dei materiali:

per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, preso atto dell'assenza di elaborati grafici e descrittivi costituenti il progetto esecutivo strutturale, ci si dovrà basare su indagini dirette in situ, meglio dettagliate nel seguito.

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive sopra riportate, sono individuati i “livelli di conoscenza” dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare come ulteriori coefficienti parziali di sicurezza che tengono conto delle incertezze nella definizione dei parametri del modello.

I valori delle azioni e le loro combinazioni da considerare nel calcolo, sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, sono quelle definite dalla vigente norma per le nuove costruzioni.

Tutto ciò premesso, in relazione alla necessità di definire i fattori di confidenza per l'opera, si definiscono e distinguono per fabbricati con struttura portante in conglomerato cementizio armato tre livelli di conoscenza:

LC1: Conoscenza Limitata;

LC2: Conoscenza Adeguata;

LC3: Conoscenza Accurata.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali. In particolare:

LC1: Conoscenza limitata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e sono ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. È richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

Proprietà dei materiali: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adottano valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza limitata viene in genere eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

LC2: Conoscenza adeguata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso viene effettuata una limitata verifica in situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova, o da estese verifiche in-situ. Nel primo caso sono anche eseguite limitate prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, sono eseguite estese prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza adeguata è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

LC3: Conoscenza accurata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso è effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti o da un'esaustiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali. In quest'ultimo caso è effettuata una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali, o da esaustive verifiche in-situ. Nel primo caso sono anche eseguite estese prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, sono eseguite esaustive prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza accurata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

Nel caso in esame, con riferimento alle definizioni di norma, al fine di non penalizzare eccessivamente le verifiche con l'impiego di fattori di confidenza troppo elevati, si ritiene necessario il raggiungimento quantomeno di un **livello di conoscenza LC2**.

Sulla scorta di quanto osservato sono pertanto ritenuti necessari i seguenti adempimenti:

A) Rilievo completo: serve a produrre disegni completi di carpenteria nel caso in cui quelli originali siano mancanti o si sia riscontrata una non corrispondenza tra questi ultimi e l'effettiva geometria della struttura. I disegni prodotti dovranno descrivere la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettere di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali con lo stesso grado di dettaglio proprio di disegni originali.

B) Verifiche in-situ estese: servono per ottenere informazioni circa i dettagli costruttivi quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali. Le verifiche estese si configurano come alternativa al progetto simulato seguito da verifiche limitate, oppure quando i disegni costruttivi originali sono incompleti. Le verifiche in-situ sono effettuate su un'opportuna percentuale degli elementi strutturali primari per ciascun tipologia di elemento (travi, pilastri, pareti...), come indicato nella Tabella C8A.1.3, privilegiando comunque gli elementi che svolgono un ruolo più critico nella struttura, quali generalmente i pilastri.

C) Prove in-situ estese: servono per ottenere informazioni in merito alle proprietà dei materiali in mancanza sia dei disegni costruttivi, che dei certificati originali di prova, oppure quando i valori ottenuti dalle prove limitate risultano inferiori a quelli riportati nei disegni o certificati originali.

Tabella C8A.1.3a – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a.

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) (b)(c)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Si precisa come le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vadano adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- (a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale;
- (b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe;
- (c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.
- (d) Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

Dettaglio delle indagini sulle strutture esistenti:

Nel rispetto di quanto sopra esposto si riassumono di seguito le possibili verifiche / indagini da approfondire e/o condurre sulle strutture portanti del complesso Ex Ente Risi nel corso delle successive fasi di progettazione.

1) Acquisizioni preliminari

I Tecnici incaricati dovranno preliminarmente cercare di acquisire, qualora disponibile in tutto o in parte, la documentazione progettuale, intendendo per essa:

- gli elaborati architettonici del complesso;
- gli elaborati grafici dell'intero edificio nei quali dovranno essere illustrate le dimensioni e la disposizione delle strutture;
- il progetto esecutivo strutturale completo delle relative relazioni illustrativa e di calcolo, con particolare riferimento alle caratteristiche dei materiali prescritti, alle resistenze di progetto, all'analisi dei carichi;
- la relazione geologica e geotecnica;

2) Rilievo di dettaglio

Sia nel caso in cui fosse presente agli atti la documentazione attesa, sia nel caso in cui questa, per qualunque motivo, non fosse disponibile, la prestazione dovrà comprendere:

- sopralluoghi tecnici finalizzati al rilievo di dettaglio della struttura con particolare riguardo all'acquisizione di tutti i dati metrici e costruttivi necessari per le successive fasi di indagine e/o per l'eventuale modellazione agli elementi finiti e verifica di massima della stessa. Ciò si tradurrà in misurazioni della geometria degli elementi portanti riconoscibili e dell'impianto strutturale e cioè:

- per strutture in conglomerato cementizio armato, acciaio e legno rilievo delle dimensioni geometriche degli elementi strutturali (travi, pilastri, setti, fondazioni, ecc.) nonché verifica delle luci delle travi e dei solai;
- per strutture in muratura dimensioni delle strutture murarie portanti e di controvento, tipologia e tessitura della apparecchiatura muraria;

3) Accertamenti tecnici strutture in elevazione

Nel caso in cui la documentazione attesa evidenziasse sostanziali difformità tra quanto presente agli atti e quanto rilevato in loco o addirittura non fosse presente agli atti alcuna documentazione, la prestazione comprenderà:

- analisi dell'evoluzione temporale dell'impianto strutturale dell'edificio, eventualmente anche attraverso le testimonianze dirette dei proprietari o degli utilizzatori pregressi, condotta attraverso il confronto con eventuale documentazione storica (archivi comunali, storici, etc.) e indagini visive volte ad escludere interventi e/o variazioni che abbiano palesemente indebolito l'impianto strutturale originale;
- verifica della presenza di stati fessurativi, cinematismi o stati di degrado, laddove:

a) per quadro fessurativo si intende la presenza di un insieme di fessure importanti e significative (da escludersi le micro cavillature negli intonaci) che testimonino la presenza pregressa o in atto di un qualche tipo di cinematismo (rotazione o traslazione relativa di componenti strutturali, cedimento fondale, superamento locale delle resistenze dei materiali, etc.);

b) per stati di degrado si intendono:

- per strutture in conglomerato cementizio armato distacchi del copriferro, messa a nudo delle armature con conseguente rischio di corrosione o corrosione in atto delle stesse, presenza nei getti di nidi di ghiaia di estensione anomala o comunque, a giudizio del tecnico, inaccettabile (ad esempio perché ubicata in punti strutturalmente critici), etc;
- per strutture in acciaio corrosione del materiale, corrosione o danneggiamenti delle saldature (esempio cricche) o dei bulloni per fenomeni di fatica;
- per strutture in muratura dilavamento o degrado dello stato conservativo della malta;
- per strutture in legno ammaloramenti dovuti a ristagni di acqua, attacchi fungini, corrosione delle connessioni in acciaio. Nel caso di edifici in tutto o in parte in legno assume infatti particolare rilevanza la verifica dello stato di conservazione del materiale, nonché il controllo di presenza di ruggine o marcescenza dei sistemi di giunzione e collegamento alle altre parti costituenti l'organismo statico al fine di verificare l'idoneità della struttura.

- verifica della quantità di armatura presente, limitatamente al caso che la struttura sia realizzata in conglomerato cementizio armato. La verifica dovrà formare reale convincimento del tecnico che la quantità di armatura e la sua distribuzione sia conforme alle regole del buon costruire (passo delle staffe ed infittimenti, numero di barre, sovrapposizioni, etc...); essa potrà essere eseguita mediante:
 - prove pacometriche;
 - tracce sulle strutture in posizioni idonee
- indagini in situ per l'ottenimento delle caratteristiche dei materiali ad uso strutturale. Per indagini in situ si intendono tutti i controlli sul posto, di tipo non distruttivo o semidistruttivo, volti all'ottenimento delle caratteristiche di resistenza dei materiali e della metodologia di realizzazione delle strutture portanti.

Tali prove per strutture in conglomerato cementizio armato possono essere:

- carotaggi e micro carotaggi;
- pull-out e pull-off;
- prove sclerometriche;
- ultrasoniche e combinate (Sonreb);
- tracce con prelievo di armatura etc.

Per strutture in acciaio:

- prelievo di provini secondo standard nelle zone di minor sollecitazione e relative prove di laboratorio;
- prove sulle saldature (radiografia);
- verifica coppie di serraggio dei giunti bullonati;

Per strutture in muratura:

- classificazioni a vista (cfr. "Abaco delle murature");
- martinetti piatti (semplici e doppi);
- carotaggi;

indagini endoscopiche;

Per strutture in legno:

- classificazione a vista;
- Resistograf;
- penetrometro da legno;
- eventuali prove di carico: le indagini di cui ai punti precedenti potranno essere integrate, a giudizio del tecnico incaricato, con prove di carico, che dovranno essere eseguite in osservanza a quanto prescritto al Cap. 9.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14/01/2008 - e relativa Circolare esplicativa.

4) Accertamenti tecnici strutture in fondazione

Le indagini necessarie si svilupperanno su due direttrici:

- indagini dirette: geognostica-geotecnica;
- indagini indirette: sismica.

L'indagine geognostica-geotecnica deve consentire la definizione di condizioni stratigrafiche e modello di sottosuolo, proprietà fisiche e meccaniche degli strati di terreno, regime delle pressioni interstiziali e profondità e morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile.

A tal fine saranno eseguite specifiche indagini in sito e prove di laboratorio.

In particolare saranno eseguiti sondaggi geognostico-geotecnici con le seguenti modalità:

- prefori per carotaggio;
- sondaggi a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm ad andamento verticale;
- prove penetrometriche SPT;
- prelievo di campioni indisturbati;
- prove di laboratorio per determinazione della resistenza a rottura;

Al termine delle operazioni di indagine sarà redatta una relazione geologica e geotecnica a firma di Tecnico abilitato, comprendente descrizione del contesto geologico generale e locale, ricostruzione del modello geologico, metodologia delle indagini geognostiche e planimetria dei punti indagati, elaborazione delle prove penetrometriche e relativi diagrammi, parametrizzazione geotecnica degli strati di terreno influenzati dalle strutture di fondazione, verifica della capacità portante del terreno di fondazione

Tali indagini risulteranno strettamente connesse alle propedeutiche operazioni di ispezione diretta dell'apparato fondale da eseguirsi mediante l'apertura di pozzetti di ispezione in opportune posizioni.

Per quanto riguarda le indagini indirette si prevede una indagine sismica a rifrazione finalizzata alla individuazione di profondità del basamento roccioso al di sotto della pavimentazione ed una indagine ReMI finalizzata alla determinazione delle Vs30.

La valutazione delle V_{s30} , si rende necessaria per la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale con un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC 2008).