



Ente di gestione
delle aree protette dei
Parchi Reali

OGGETTO:

RECUPERO E RIQUALIFICAZIONE DELLA EX CENTRALINA IDROELETTRICA PER ATTIVITA' DI ACCOGLIENZA E OFFERTA TURISTICA

ENTE APPALTANTE :

Ente di Gestione delle Aree Protette dei Parchi Reali

Sede legale viale C. Emanuele II, 256 - 10078 Venaria Reale (To) - 011.4993328

partita IVA e c.f. 01699930010 <http://www.parchireali.it> - protocollo@parchireali.to.it - parchireali@legalmail.it

PROGETTISTA :

RTP:

- **arch. LUIGI UMBERTO CASETTA** - via Matteotti, 49 - 10068 Villafranca Piemonte (To)
CSTLMB64M14G674V - 348.7941024 - cst@xero.it - PEC luigicasetta@architettitorinopec.it

- **ing. ALESSANDRO GRAZZINI** - via Avigliana, 21 - 10100 Torino
GRZLSN76L19L219W - 347.9800918 - ing.alessandrograzzini@gmail.com - PEC alessandro.grazzini@ingpec.eu

- **ing. MARCO BAVA** - via Avigliana, 21 - 10100 Torino
BVAMRC73H20L219S - 329.9849034 - bava@bging.it - PEC marco.bava@ingpec.eu



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

dott.sa STEFANIA GRELLA - Ente di Gestione delle Aree Protette dei Parchi Reali

UBICAZIONE EDIFICIO:

Parco della Mandria - Venaria Reale (To) - NCT : Foglio 14 mapp. n. 5

ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA DELLE STRUTTURE

Elab / TAV. n.

ST 1.1

data : ottobre 2024
rev 01:
rev 02:

scale :

Livello di progettazione:

ESECUTIVO

1. PREMESSA

La relazione in oggetto, redatta secondo quanto previsto dal D.Lgs. 36/2023 in riferimento al livello di progettazione esecutiva, riassume i principali aspetti degli interventi strutturali volti alla riqualificazione e consolidamento strutturale della ex Centralina Idroelettrica del Parco “La Mandria”, nel Comune di Venaria Reale (TO). L’edificio fa parte del patrimonio edilizio monumentale dell’area protetta, ed è un esempio di architettura industriale. L’anno di costruzione risale al 1921 al fine di rendere più completa l’autonomia della Mandria, ospitando una turbina tipo Francis che mediante un salto d’acqua di 30,50 m. produceva un’energia di 80 cavalli, sufficiente per le necessità del Borgo Castello e delle sue adiacenze. Successivamente è stata adibita ad uso residenziale ed a seguito dell’acquisto della tenuta “La Mandria” da parte della Regione Piemonte ha ospitato per alcuni anni il servizio di nolo biciclette.

Trattandosi di un edificio storico di proprietà pubblica con più di 70 anni, risulta sottoposto a tutela ai sensi del D.lgs. 42/2004: su di esso saranno progettati lavori strutturali nel rispetto dei limiti di intervento previsti prima di tutto dalle *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 Febbraio 2011*, e nel rispetto della tipologia di intervento previsto dal Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018 riguardo le costruzioni esistenti.

I lavori strutturali previsti riguarderanno principalmente interventi di riparazione locale, ai sensi del par. 8.4.1. delle NTC2018, da eseguirsi sulle zone danneggiate e nel ripristino di nuovi solai in putrelle e lamiera grecata in sostituzione degli esistenti in c.a. caratterizzati da alta carbonatazione, deperimento del calcestruzzo e dell’acciaio delle armature con valori di resistenza non più a norma di legge, come evidenziato dalla relazione tecnica delle indagini strutturali (elaborato ST4) eseguite sugli elementi strutturali. Gli interventi riguarderanno anche la sostituzione delle coperture, sempre con elementi in legno massiccio e schema statico simile all’esistente, connesse mediante cordoli antisismici (in muratura lamellare per l’edificio basso, in acciaio per la torre). Come descritto dalle *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 Febbraio 2011*, a cui occorre obbligatoriamente rimettersi per il vincolo della Soprintendenza in essere, «l’obiettivo è evitare opere superflue, favorendo quindi il criterio del minimo intervento», con «[...] interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di

analisi locale».

Le nuove destinazioni d'uso saranno di uffici e/o spazi di servizio aperti al pubblico per il piano terra complessivo e il primo piano dell'edificio basso, mentre per il resto dei piani della torre sarà di uffici non aperti al pubblico. Sarà ripristinato con funzione portante di ispezione sia il sottotetto della torre sia quello dell'edificio basso. Dalle verifiche svolte, i nuovi sovraccarichi e i nuovi solai non comporteranno in fondazione un aumento di pressione oltre il 10%, rientrando pertanto nella categoria degli interventi di tipo locale ai sensi del par. 8.4.1 delle NTC2018 e pertanto senza obbligo di adeguamento sismico (rimane infatti escluso il comma "c" del par. 8.4.3) . L'introduzione dei cordoli sommitali antisismici consentono di verificare positivamente tutti i cinematismi fuori piano delle pareti, raggiungendo pertanto una notevole riduzione del rischio sismico nei riguardi dei meccanismi di ribaltamento locale che rappresentano la casistica di danneggiamento sismico più pericoloso.

Ai sensi del par. 8.3 delle NTC2018 («riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione»), essendo in presenza di degrado materico dei solai e del grave dissesto murario dell'angolata sud-est, è stata svolta una valutazione globale della sicurezza dell'intero fabbricato mediante modellazione agli elementi finiti e analisi sismica dinamica, sia per la situazione allo stato di fatto, sia nella situazione progettuale (vedere Relazione di Calcolo ST2). In quest'ultimo caso le verifiche hanno dimostrato un buon comportamento dinamico globale dell'edificio, che di fatto raggiunge una considerevole riduzione del rischio sismico rispetto allo stato di fatto.

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

La Ex Centralina si trova sul viale di accesso, tra ponte Verde e Borgo Castello, in prossimità dell'incrocio dell'allea che porta al museo degli Appartamenti Reali. Nonostante la posizione un po' defilata, si trova in un ambito di facilissimo accesso, con area pianeggiante di prossimità.

Allo stato attuale l'edificio versa in stato di abbandono e di forte degrado. Negli ultimi due decenni non ha più assunto nessuna funzione, per le quali necessita di un progetto complessivo di messa in sicurezza e rifunzionalizzazione. Da alcuni anni si è rilevata una importante disconnessione della muratura in corrispondenza dell'angolo murario sud-est, che nel tempo si è ampliata separando in modo netto il paramento murario. Contemporaneamente, esiste anche una fessura sulla parete nord. Il quadro fessurativo è dovuto ad un cedimento di fondazione, trattandosi di fondazioni poco profonde su terreno argilloso molto sensibile alle variazioni igrometriche del passaggio sotterraneo dell'acqua,

un tempo utilizzata per la produzione di energia elettrica e attualmente ancora in potenziale scorrimento sottofondazionale proveniente da scolo del versante a monte non opportunamente deviato, anche a causa dello stato di abbandono del fabbricato e del terreno circostante negli ultimi due decenni. L'assenza di analoghi dissesti fondazionali lungo il perimetro della torre conferma la sussistenza di acqua piovana che alimenterebbe ancora in parte la vasca interrata di raccolta (vedasi fotografie dello stato di fatto), confluyente ancora sotto l'edificio basso che ha subito il maggior danno strutturale. A questo vanno altresì aggiunte le perdite dalla rete di allontanamento acque dalle gronde: i pluviali che scendono dalla copertura non smaltiscono l'acqua superficialmente ma si immettono all'interno del marciapiede. E' ipotizzabile quindi che esista una rete che convoglia(va) le acque delle gronde in qualche punto (probabilmente un vecchio fosso alla base della scarpata di cui si è persa la traccia) e che la rete sia intasata se non addirittura interrotta. La relazione geologica non ha individuato la presenza di falde, per cui il dilavamento stagionale del terreno argilloso sottostante il basso fabbricato deriverebbe dallo scolo non più deviato di acqua del versante a monte. Infine, anche i grandi sbalzi igrometrici delle ultime stagioni, che hanno alternato periodi di grandi siccità ad eventi piovosi molto intensi, hanno alterato la consistenza dei terreni argillosi su cui si fonda superficialmente l'edificio generando il quadro fessurativo in essere.

Per ragioni di sicurezza l'area di pertinenza è stata completamente recintata per impedire al pubblico fruitore di accedere all'edificio visto il rischio di crollo dovuto alla suddetta disconnessione. Il sottoscritto Ing. Alessandro Grazzini, su richiesta dell'Ente di Gestione dei Parchi Reali, ha redatto un progetto di puntellamento specifico per il grave dissesto dell'angolata sud-est, la cui realizzazione, di competenza dell'ufficio manutenzione della Regione Piemonte a cui è stato inviato il progetto e fatta richiesta di realizzazione, è a tutt'oggi in attesa di essere eseguita.

Le caratteristiche costruttive del fabbricato sono tipiche dei primi del '900 dove si rinviene una struttura di tipo "a gravità" in muratura piena, con fondazioni anch'esse in muratura, e presumibilmente posate direttamente sul terreno stabilizzato sommariamente. Il fabbricato possiede una parte più bassa, costituita da un locale interrato (vasca di passaggio acqua), un piano terra e primo piano. In adiacenza, con molta probabilità costruita prima rispetto al corpo basso, si erge la seconda parte del fabbricato a forma di torre, costituita da un piano terra, un primo piano, un secondo piano che si presume fosse originariamente utilizzato come vano tecnico da cui partivano le linee aeree per la distribuzione dell'energia elettrica prodotta, e un sottotetto anch'esso di locale tecnologico.

I solai sono attualmente in soletta piena e trave in c.a., presumibilmente eseguiti tra la fine degli anni '70 e l'inizio degli anni '80 del secolo scorso, periodo in cui l'edificio aveva già perso la sua

funzione di centralina, in sostituzione degli originari solai in putrelle e voltini. La chiusura del sottotetto dell'edificio basso è costituita da un cannicciato non portante. La copertura è su orditura lignea e manto in tegole laterizie di foggia alla portoghese.

E' stato effettuato un accurato rilievo geometrico e materico sulla struttura. Inoltre, sul volume significativo di terreno interessato, è stata eseguita una campagna di indagini geotecniche-geofisiche per definire i parametri fisico-meccanici e sismici del terreno, e una campagna di indagini conoscitive sulle strutture in muratura e c.a. all'interno dell'edificio con livello di conoscenza LC2 al fine di individuare i parametri meccanici e le vulnerabilità strutturali da tenere in considerazione per il calcolo degli interventi. Per gli approfondimenti si rimanda alla lettura dei risultati delle relazioni specialistiche sulle indagini.

Considerata la rilevanza storico-monumentale dell'edificio, nello spirito dei criteri illustrati nella *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni*, gli interventi, sono stati calibrati in modo da ridurre l'insorgenza di qualsiasi meccanismo fragile ma comunque contenendo l'invasività degli stessi ed in accordo a quanto previsto al punto 2.2 delle suddette Linee Guida:

[...] Nel caso dei manufatti architettonici appartenenti al patrimonio culturale esistono oggettive difficoltà a definire procedure di verifica dei requisiti di sicurezza, analoghe a quelle applicate per gli edifici ordinari, in quanto la loro varietà tipologica e la singolarità costruttiva (anche dovuta alle trasformazioni subite nel corso della storia dell'edificio e allo stato di conservazione) non consentono di indicare una strategia univoca ed affidabile di modellazione ed analisi. In queste valutazioni spesso si riscontrano incertezze in merito sia al modello di comportamento, sia ai parametri che lo definiscono.

[...] Da questa impostazione risulta che spesso è opportuno accettare consapevolmente un livello di rischio sismico più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale."

Gli obiettivi degli interventi di riparazione proposti e l'inserimento di alcuni puntuali presidi sono indirizzati a ridurre il danneggiamento per terremoti di analoga intensità e il rischio da essi derivanti, oltre a rimettere in sicurezza statica l'edificio per adibirlo alla nuova destinazione d'uso.

3. NORME DI RIFERIMENTO

- *Decreto 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”*
- *Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”*
- *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011*

4. IDENTIFICAZIONE DELLE STRUTTURE E DEI MATERIALI

Ai fini della definizione degli interventi da eseguirsi, in accordo alle norme tecniche NTC2018 e alle *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 Febbraio 2011*, sono state previste, anche sulla base della documentazione già disponibile, oltre ai rilievi geometrici, indagini volte a definire le proprietà meccaniche dei materiali, di cui nello specifico si rimanda alla relazione specialistica con tutti i risultati delle prove. Queste sono consistite in:

MURATURE:

- 1 test con martinetto piatto doppio per la valutazione del modulo elastico e della resistenza a compressione delle murature;
- 2 test sonici;
- 6 prove penetrometriche sulle malte dei giunti;

CEMENTO ARMATO:

- 8 indagini pacometriche;
- 6 prove sclerometriche;
- 6 indagini ultrasoniche;
- 6 indagini Sonreb;
- 6 test di durezza sulle armature;

- 3 prelievi di carote e relativi test di carbonatazione e di compressione in laboratorio;
- 2 prelievi di armatura e relativo test di trazione in laboratorio

La tessitura muraria si presenta visivamente in mattoni e malta di calce senza discontinuità al suo interno. Pertanto, ai sensi della tabella C8.5.I della Circolare n°7/2019, la tipologia di tessitura presa in considerazione è in *mattoni pieni e malta di calce*, sulle cui prestazioni meccaniche non sono stati applicati in maniera cautelativa altri coefficienti moltiplicativi, le cui resistenze di calcolo e modulo elastico possono essere stimate applicando, per prudenza, al valore minimo previsto in tabella (corrispondente al valore ricavato sperimentalmente dalla prova in situ) un coefficiente di confidenza FC pari a 1,2 ai sensi del par. 8.5.4 della Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 in quanto il grado di approfondimento complessivo delle indagini, esteso a tutte le tipologie murarie, è da valutarsi senza dubbio pari al livello di conoscenza LC2 grazie all'esecuzione dei martinetti piatti doppi, alle analisi delle malte in laboratorio, e alle indagini semi-distruttive.

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

Figura 1. Tabella C8.5.I della Circolare n°7/2019 e Tabella C8A.2.1 della Circolare n°617/2009

Muratura in mattoni e malta di calce	Valore medio (tab. C8.5.I)
f (daN/cm ²)	26
τ_0 (daN/cm ²)	0,5
f_{v0} (daN/cm ²)	1,3
E (daN/cm ²)	12000
G (daN/cm ²)	4000

I relativi valori di progetto sono stati determinati con la formula:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M}$$

Dove, trattandosi di edificio storico in muratura, a seguito anche dell'approfondita campagna diagnostica, si ritiene congruo l'utilizzo di un coefficiente di sicurezza $\gamma_M = 2$ nelle combinazioni di carico sismiche nei limiti previsti dal par. 7.8.1.1 delle NTC2018.

Riguardo gli elementi in c.a. relativi ai solai, le diverse tipologie di prove hanno dato valori ascrivibili mediamente nella classe C16/20 e/o C20/25, comunque al di sotto dei minimi prestazionali. L'acciaio esistente nelle barre lisce è assimilabile, per valori di snervamento e rottura, ad un FeB 22K.

5. IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Al fine di caratterizzare la tipologia di suolo utile alla definizione delle azioni sismiche da considerare ai fini della definizione dell'intervento, è stata eseguita una relazione geologica adeguata al livello di progettazione definitiva in essere.

Nell'area di specifico interesse progettuale sono state eseguite le seguenti indagini:

- 4/5 prove penetrometriche standard (DPSH);
- 1 Prova sismica MASW

Sulla base delle risultanze delle indagini risulta la seguente stratigrafia geologica:

- 1. livello superficiale metrico formato da materiale eterogeneo, probabilmente

rimaneggiato nell'ambito delle attività di costruzione dell'edificio e relative pertinenze (condotta di alimentazione, canale di scarico, manufatti idraulici di regolazione delle portate, etc.), con presenza nell'area intorno a DP3 di un livello consistente superficiale (forse una pavimentazione sepolta?);

- 2. un livello sottostante di potenza compresa tra 1,5 e 2 m caratterizzato da alternanza di livelli a granulometria fine con livelli medi, nel complesso poco addensati; nella sezione B-B' compare una lente di terreni fini (2b) a consistenza praticamente nulla (aste del penetrometro in avanzamento per peso proprio);
- 3. livello di terreni molto consistente, che ha dato rifiuto netto in maniera costante in tutte le prove a profondità intorno ai 2,5 – 3 m dal p.c.;

Come indicato nella relazione geologica, il suolo può considerarsi appartenente alla categoria di sottosuolo tipo B definita ai sensi delle NTC2018.

Essendo presente un grave quadro fessurativo con estesa dislocazione muraria sull'angolo sud-est, l'intervento prevederà in primis un rinforzo delle prestazioni meccaniche del terreno attorno al perimetro murario del solo edificio basso, da eseguirsi mediante iniezioni di resine autoespandenti.

6. CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

I carichi e le combinazioni di carico sono stati considerati, ai fini della valutazione della sicurezza nelle condizioni di fatto e di progetto, in considerazione dello stato di fatto ed in considerazione di quanto previsto nelle norme tecniche di cui al DM 17.01.2018.

In particolare, sono stati considerati i seguenti principali carichi e sovraccarichi:

Carichi dovuti al Peso Proprio Elementi Strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali è ottenuto considerando i seguenti pesi per unità di volume:

<u>c.a.</u>	$\gamma=25,00 \text{ kN/mc}$
<u>muratura</u>	$\gamma=18,00 \text{ kN/mc}$ (muratura in mattoni e malta di calce)
<u>acciaio di carpenteria</u>	$\gamma=78,50 \text{ kN/mc}$
<u>legno</u>	$\gamma= 5,00 \text{ kN/mc}$

Carichi variabili

In accordo a quanto previsto nella Tabella 3.1.II “Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni” di cui al cap.3 delle Norme Tecniche di cui al DM 17.01.2018, i valori dei carichi accidentali considerati nel calcolo sono quelli indicati nel seguito:

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Tabella 3.1.II – Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni – DM 17.01.2018

Ambienti suscettibili di affollamento - Cat. B1 uffici non aperti al pubblico

$$q=2,00 \text{ kN/mq} \quad Q=2,00 \text{ kN} \quad H=1,00 \text{ kN/m}$$

Ambienti suscettibili di affollamento - Cat. B2 uffici aperti al pubblico

$$q=3,00 \text{ kN/mq} \quad Q=2,00 \text{ kN} \quad H=1,00 \text{ kN/m}$$

Scale comuni, balconi e ballatoi - Cat. B

$$q=4,00 \text{ kN/mq} \quad Q=4,00 \text{ kN} \quad H=2,00 \text{ kN/m}$$

Coperture - Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e/o riparazione

$$q=0,50 \text{ kN/mq} \quad Q=1,20 \text{ kN} \quad H=1,00 \text{ kN/m}$$

Carico da neve

Il carico della neve viene valutato, ai sensi delle norme di cui al DM 17.01.2018, secondo la seguente espressione:

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

Zona Neve = I

Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni

$C_{tr} = 1$ per $T_r = 50$ anni

C_e (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

Valore caratteristico del carico al suolo = $q_{sk} C_e C_{tr} = 157 \text{ daN/mq}$

Copertura a due falde:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 30,0^\circ$

$$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 126 \text{ daN/mq}$$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 30,0^\circ$

$$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 126 \text{ daN/mq}$$

Azioni sismiche

Per la determinazione degli effetti delle azioni sismiche, secondo quanto previsto dalle norme di cui al DM 17.01.2018, sono state considerate le masse corrispondenti ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \psi_{2,i} Q$$

dove G_1 rappresentano i pesi propri degli elementi strutturali, G_2 i pesi propri degli elementi non strutturali, Q i carichi accidentali e $\psi_{2,i} = 0,3$ (Tab. 2.5.I, NTC 2018).

Le azioni sismiche di progetto, in accordo alle Nuove Norme Tecniche allegate al DM 17.01.2018, sono state definite a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

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, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

In particolare, le forme spettrali sono definite, per ogni probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : *accelerazione orizzontale massima al sito;*

F_o : *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;* T

T^* : *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

I valori di tali parametri sono definiti in funzione della latitudine e longitudine del sito di costruzione e del periodo di ritorno T_R .

Nel caso in oggetto, la ex Centralina Idroelettrica è sito nel comune di Venaria Reale (TO). Il sito in cui sorge il Santuario presenta le seguenti coordinate geografiche:

latitudine 45.1444 – longitudine 7.6054

Il periodo di ritorno T_R , espresso in anni, dipende dalla vita di riferimento dell'opera. Nel caso in esame, la vita di riferimento vale:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \text{anni}$$

dove:

la vita nominale V_N in considerazione dell'importanza dell'opera in progetto è stata assunta pari a 50 anni;

il coefficiente d'uso C_U vale 1,5 in considerazione della classe d'uso cui appartiene l'edificio oggetto di verifica. In particolare esso appartiene alla classe d'uso III: “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi”, per i seguenti motivi:

- come «costruzioni il cui collasso può determinare danni significativi al patrimonio storico, artistico e culturale» ai sensi dell'Allegato Art. 2 comma 3 OPCM n. 3274/03, trattandosi di edificio sotto vincolo della Soprintendenza;
- è previsto affollamento di persone essendo in alcune zone aperto al pubblico.

La probabilità di superamento P_{VR} nella vita di riferimento V_R è definita, per ciascuno degli stati limite previsti dalla norma, secondo la seguente tabella:

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

Il periodo di ritorno T_R è definito in funzione del periodo di riferimento V_R e della probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R secondo la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Pertanto, considerato il valore assunto per il periodo di riferimento V_R , per ciascuno degli stati limite, si ha:

<i>Stati Limite</i>	<i>P_{VR}</i>	<i>T_R (anni)</i>
SLO	81%	45
SLD	63%	75
SLV	10%	712
SLC	5%	1462

In accordo a quanto previsto dalla norma nel caso delle costruzioni esistenti, gli stati limite rispetto ai quali è necessario effettuare le verifiche sono gli stati limite ultimi. In particolare, le verifiche sismiche sono state condotte rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV).

Come detto, l'azione sismica è definita mediante spettri di risposta elastici in termini di accelerazione espressi dal prodotto dello spettro normalizzato, ottenuto da una forma spettrale scalata con uno smorzamento convenzionale del 5%, per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

Di seguito si riportano gli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali dello stato limite da verificare.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali per SLV

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale è espresso dalle seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta + F_o} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T \geq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione della struttura oggetto di indagine e l'accelerazione spettrale orizzontale utile ai fini del calcolo della componente orizzontale dell'azione sismica.

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

dove:

S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, che, per categorie di sottosuolo B, vale 1,20. S_T

è il coefficiente di amplificazione topografica, che, per categorie topografiche T₁, vale $S_T=1,00$.

Di qui il valore di S pari a:

$$S = 1,2 \cdot 1,00 = 1,20$$

Il fattore η , che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, vale:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} = 1 \geq 0,55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione. Nel caso in esame si è assunto $\xi=5$ quindi $\eta=1$.

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigidoorizzontale valutato in funzione del periodo di ritorno T_R e riportato precedentemente.

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, ed è fornito dalla

seguente relazione:

$$T_c = C_c \cdot T_c^* = 0,397s$$

C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo ed in questo caso vale 1,419.

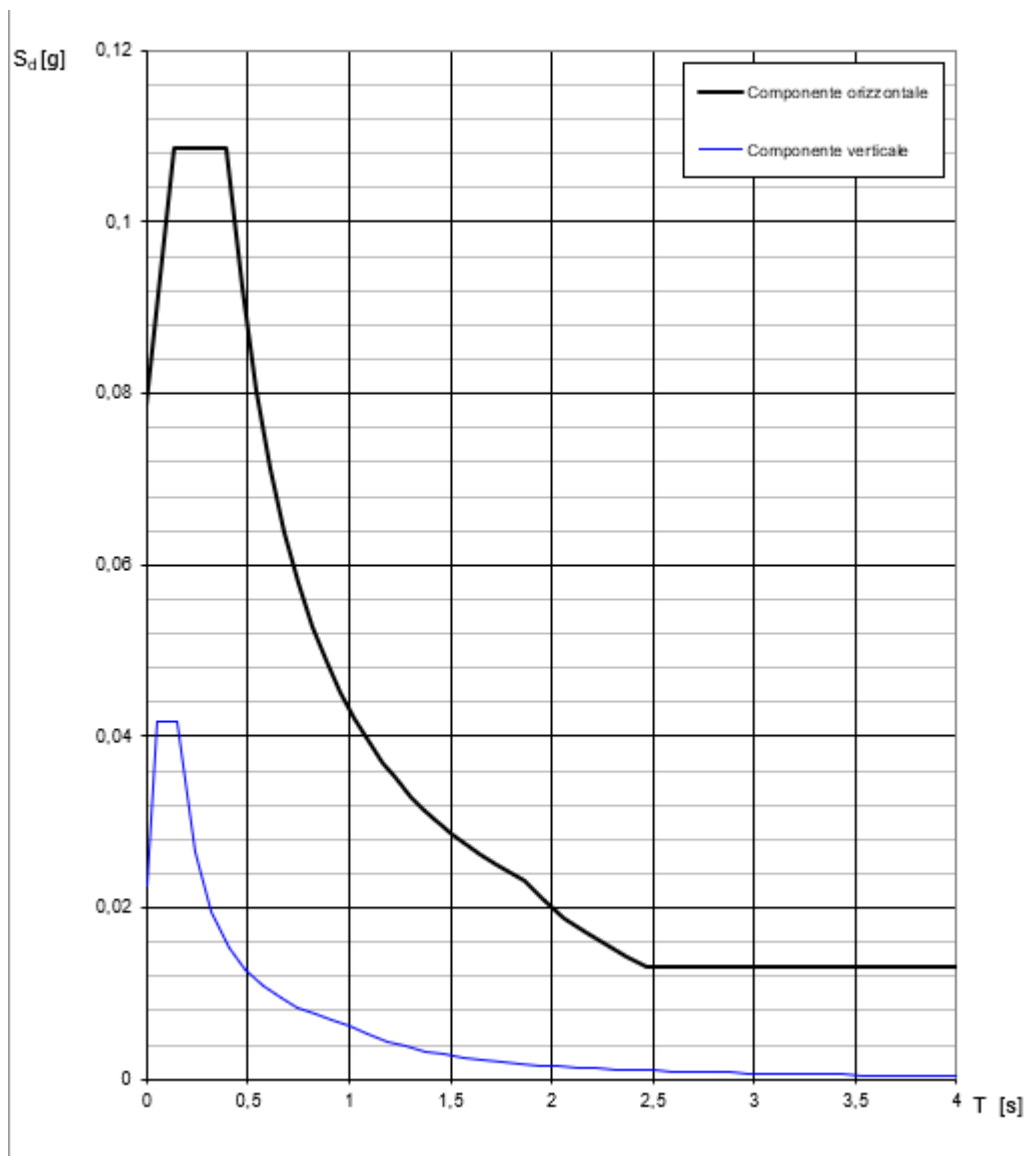
T_c^* è stato valutato in funzione del periodo di ritorno T_R e vale 0,280.

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante e vale:

$$T_B = T_c / 3 = 0,132s$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro e vale:

$$T_D = 4 \cdot a_g / g + 1,6 = 1,862s$$



Per la verifica dello stato limite di salvaguardia della vita SLV nelle condizioni di fatto e di progetto è stato scalato lo spettro elastico, riportato nel seguito, del fattore di struttura $q = 2,00$, trattandosi di verifiche sismiche per soli cinatismi fuori piano come previsto ai sensi della Circolare n. 7 del 2019.

Combinazioni di carico

Ai fini delle combinazioni di carico si fa riferimento a quanto previsto al punto 2.5.3 delle norme tecniche di cui al DM 17.01.2018.

7. CRITERI ALLA BASE DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO

La verifica statica e sismica è stata condotta in accordo ai criteri previsti dalle norme tecniche NTC2018. In considerazione della oramai consolidata filosofia prestazionale alla base delle norme vigenti, tali criteri sono tali da assicurare i livelli prestabiliti di prestazione/sicurezza rispetto ai carichi statici e per eventi sismici descritti da diverse probabilità di occorrenza in considerazione della pericolosità del sito nonché del ruolo e dell'importanza che la struttura riveste sul territorio.

Ai fini della valutazione della sicurezza statica e sismica nelle condizioni di fatto e nelle condizioni di progetto gioca un ruolo fondamentale l'identificazione del sistema resistente e dell'ambiente in cui esso è localizzato.

Per identificazione strutturale si intende l'individuazione della struttura portante, per mezzo del rilievo della geometria degli elementi principali, la ricostruzione dei dettagli costruttivi, la caratterizzazione meccanica dei materiali in opera, nonché quella dei terreni di fondazione. A tale scopo sono stati eseguiti i rilievi e le indagini descritte.

Si sottolinea che, in generale, la valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti è normalmente affetta da un grado di incertezza, diverso da quello delle costruzioni di nuova realizzazione, che dipende principalmente dai seguenti aspetti (cfr. *cap. 8, DM2018*):

- la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione progettuale e/o di realizzazione;
- la struttura nel suo complesso può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non sono completamente manifesti;
- i materiali e le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

Pertanto, anche le indagini più approfondite non possono eliminare completamente tale margine di incertezza, che, in parte, viene portato in conto nelle verifiche per mezzo dei fattori di confidenza che amplificano i coefficienti parziali di sicurezza.

In questo ambito, in considerazione delle indagini condotte che hanno consentito di perseguire il livello di conoscenza LC2 ai sensi delle norme tecniche NTC18, a tale livello di conoscenza corrisponde un fattore di confidenza F_c , usato nelle analisi numeriche, pari a 1,20.

Poiché la nuova destinazione d'uso prevista per il fabbricato in oggetto non incrementa in modo significativo né il comportamento dinamico né i carichi in fondazione, contenendo l'aumento al di sotto del 10%, secondo le NTC2018 sono interventi da considerarsi puntuali (par. 8.4.1.) senza obbligo di miglioramento sismico ai sensi del par. 8.4.3 comma "c"). Le verifiche condotte al livello di progetto esecutivo riguarderanno principalmente i cinematismi fuori piano, in accordo alla

modalità di intervento di tipo puntuale ai sensi del par. 8.4.1 delle NTC2018, tali da ridurre il rischio sismico locale mediante inserimento di cordolo sommitale e delle legature tra pareti. Ai sensi del par. 8.3 è stata tuttavia condotta una verifica statica e sismica dell'intero edificio allo stato di fatto e di progetto, tenendo in conto dei dissesti iniziali e del ripristino delle condizioni di sicurezza in fase progettuale.

Non essendo previsti in questo progetto esecutivo interventi di miglioramento complessivo delle prestazioni meccaniche dell'intera scatola muraria, tale progetto, come già anticipato, non persegue pertanto nessun obiettivo di miglioramento sismico così come analiticamente concepito dal par. 8.4.2 delle NTC2018.

Le verifiche nelle condizioni di fatto e nelle condizioni di progetto sono state condotte essenzialmente sulla base dei criteri e dei procedimenti definiti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018. In particolare, sono state condotte verifiche nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), per mezzo delle analisi dei meccanismi di collasso, nelle condizioni di fatto e nelle condizioni di progetto, migliorandone la resistenza nei confronti del sisma: anche se non vengono raggiunti i livelli di sicurezza pari a quelli delle nuove costruzioni, si rileva tuttavia un significativo aumento della sicurezza sismica nei cinematismi fuori dal piano, essendo questi tra i più pericolosi tra le categorie di danneggiamento sismico.

L'intervento di consolidamento è stato concepito sulla base dell'analisi del quadro fessurativo visibile in situ, delle risultanze delle indagini eseguite, delle principali vulnerabilità riscontrate.

8. PROGETTO INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO

In considerazione delle vulnerabilità riscontrate e dei principi di meccanismi di collasso verificatisi, gli interventi di consolidamento sono essenzialmente finalizzati a ripristinare la tessitura muraria portante, a riparare i quadri fessurativi ripristinando la statica degli elementi e la continuità delle sezioni resistenti danneggiate, a migliorare la resistenza nei confronti di meccanismi fuori dal piano, a migliorare la sicurezza dei solai e delle coperture esistenti. Tutti questi obiettivi principali saranno realizzati nel Lotto 1, il principale lotto che prevede il consolidamento, messa in sicurezza e ripristino dell'edificio. A livello strutturale è prevista nel Lotto 3 anche la fornitura e posa di una scala interna in acciaio nella torre, e di un impianto montapersona nell'edificio basso.

In riferimento al Lotto principale 1, si procederà al cauto smontaggio della parte di angolata muraria dissestata lungo lo spigolo sud-est del fabbricato, propedeutico alle successive fasi di rinforzo fondazionale e ricostruzione del paramento murario. In contemporanea si procederà anche alla

completa rimozione del manto e delle strutture di copertura. Il dissesto, come anche specificato nella relazione geologica, è ascrivibile alla combinazione di fondazioni poco profonde poggianti su terreno di scarse resistenze meccaniche, di tipo argilloso e pertanto molto sensibile alle variazioni igrometriche non solo stagionali ma anche derivanti dai precedenti corsi d'acqua legati alla produzione di energia elettrica, oramai non più in funzione.

La relazione del geologo (elaborato ST5) ha individuato ad una profondità di circa 2,5 m la stratigrafia di terreno di maggiori qualità meccaniche. Stante la modesta profondità per raggiungere gli strati di terreno più performanti, è possibile intervenire con una tecnica meno invasiva mediante iniezioni di resina autoespandente nel terreno, con la finalità di incrementare le prestazioni del terreno immediatamente sottostante alle fondazioni. L'intervento riguarderà solamente il perimetro murario esterno dell'edificio basso, in quanto la torre non presenta nessun segno di cedimento fondazionale (probabilmente fondata ad un livello più profondo, e comunque in una zona meno sensibile alle variazioni igrometriche derivanti dal passaggio dell'acqua sottostante).

L'intervento di rinforzo fondazionale sarà integrato con la realizzazione di un cordolo in c.a. sull'intero perimetro murario di entrambi i fabbricati collegante le pareti da entrambi i lati, poichè la profondità di scavo prevista per la realizzazione del vespaio e per soddisfare il mantenimento dell'altezza minima di 2,40 m coincide probabilmente con la quota di imposta delle fondazioni. Ulteriori dettagli e scelte potranno essere meglio approfonditi nella fase preliminare all'esecuzione dei lavori, mediante saggio per verificare la profondità delle fondazioni esistenti.

Una volta consolidato il terreno, sarà possibile procedere alla ricostruzione dell'angolata muraria sud-est, ipotizzando di utilizzare gli stessi macroblocchi cautamente smontati ed integrando con mattoni vecchi di recupero e malte di granulometria simile all'esistente, oltre a prevedere idonei ancoraggi con le pareti adiacenti mediante inghisaggio di barre d'armatura orizzontali.

Il progetto strutturale prevede inoltre la ricostruzione dei solai, attualmente realizzati con soletta piena in c.a. e trave di ripartizione ma, causa degrado materico, con scarse resistenze e conservazione del calcestruzzo e delle armature. E' prevista la loro sostituzione con solette realizzate in putrelle (profili HEA) e lamiera grecata soprastante. Le putrelle saranno posate in contemporanea alla demolizione degli esistenti solai in c.a. al fine di mantenere i vincoli interpiano delle pareti.

Le coperture saranno realizzate con capriate e falsi puntoni in legno massiccio C24, con schema strutturale analogo a quello esistente. Sulla copertura dell'edificio basso sarà realizzato un cordolo sommitale antisismico in muratura lamellare, realizzato ricostruendo parte della tessitura muraria con

i medesimi mattoni storici ed armando 3 giunti di malta di calce con fasce in trefoli in acciaio galvanizzato. Il cordolo sarà vincolato verticalmente con barre elicoidali, al fine di trattenere la parete sottostante durante le azioni sismiche. Per il cordolo sommitale della torre sarà invece utilizzato un profilo UPN200 tassellato internamente al perimetro murario del sottotetto, poiché la soluzione tecnica utilizzata per l'edificio basso risulta di difficile realizzazione in corrispondenza della sommità a sbalzo che caratterizza la merlatura artificiale in c.a.

In merito alle parti esterne in c.a., il progetto prevede la demolizione e ricostruzione della soletta in c.a. del terrazzo lato sud, mentre per le mensole in c.a. E' previsto un rinforzo con incollaggio di lamina in fibra di carbonio (FRP) all'intradosso, rinforzo a taglio mediante fasce in FRP e ripristino delle parti cementizie e delle armature degradate. Riguardo invece la scala esterna, si prevede ugualmente il rinforzo flessionale delle travi in c.a. con lamine in FRP e a taglio con fasce in FRP, previo ripristino e riparazione delle parti cementizie e delle armature degradate.

Nel Lotto 3 è prevista tra piano terra e piano primo della torre l'installazione di una scala realizzata in profili di acciaio per il collegamento tra i due piani. E' previsto altresì l'inserimento di un impianto montapersona all'interno dell'edificio basso, con platea in c.a. e castelletto metallico ancorato alle putrelle dei nuovi solai.

Localizzati interventi consisteranno in puntuali riparazioni o miglioramento degli ammorsamenti murari con inserimento a secco di barre elicoidali.

Dal momento che trattasi di una struttura esistente, è necessario portare in conto la necessità di prevedere ulteriori accorgimenti progettuali e/o approfondimenti di rilievi ed indagini nel corso dell'esecuzione dei lavori.

9. SINTESI DEI RISULTATI

Verifica sismica fuori piano pareti murarie

Sono state condotte le verifiche delle pareti perimetrali dell'edificio Ex Centralina Idroelettrica, le quali hanno già evidenziato come allo stato di fatto siano potenzialmente attivabili diversi cinatismi di grave pericolosità. Le verifiche, in modo cautelativo, hanno tenuto in conto solo in minima parte dell'effetto di contrasto delle pareti ortogonali. L'inserimento di un cordolo sommitale garantisce l'annullamento di tutti i cinatismi pericolosi, garantendo in questo caso oltre il 100% della resistenza all'accelerazione attesa al suolo.

Qui di seguito la tabella riassume e sintetizza i principali risultati:

Tabella di sintesi risultati verifiche cinematici fuori dal piano (verifiche positive se < 1)

PROSPETTO	CINEMATISMI	PARETE	$\alpha = a_{g \text{ rif SLV}} / a_0^*$ STATO DI FATTO	PGA% STATO DI FATTO	$\alpha = a_{g \text{ rif SLV}} / a_0^*$ PROGETTO	PGA% PROG.
EDIFICIO BASSO						
Sud	Ribaltamento singola parete	2	34,243	MIN 10% MAX 57%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2	1,774		Non attivabile	
	Flessione verticale multipla	1-2	Non attivabile		0,235	
Nord	Ribaltamento singola parete	2	34,243	MIN 10% MAX 49%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2	2,072		Non attivabile	
	Flessione verticale multipla	1-2	Non attivabile		0,235	
Est	Ribaltamento singola parete	2	3.806	MIN 20% MAX 30%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2	5,230		Non attivabile	
	Flessione verticale multipla	1-2	Non attivabile		0,340	
TORRE						
Sud	Ribaltamento singola parete	4	1,076	MIN 42% MAX 94%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	3-4	2,561		Non attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	2-3-4	1,954		Non attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2-3-4	1,580		Non attivabile	

	Flessione verticale singola	4	Non attivabile		0,131	
	Flessione verticale multipla	1-2-3-4	Non attivabile		0,378	
Nord	Ribaltamento singola parete	4	1,076	MIN 44% MAX 94%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	3-4	2,456		Non attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	2-3-4	1,914		Non attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2-3-4	1,634		Non attivabile	
	Flessione verticale singola	4	Non attivabile		0,131	
	Flessione verticale multipla	1-2-3-4	Non attivabile		0,387	
Ovest	Ribaltamento singola parete	4	1,076	MIN 34% MAX 94%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	3-4	3,223		Non attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	2-3-4	2,499		Non attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2-3-4	1,999		Non attivabile	
	Flessione verticale singola	4	Non attivabile		0,131	
	Flessione verticale multipla	1-2-3-4	Non attivabile		0,425	
Est	Ribaltamento singola parete	4	1,076	MIN 37% MAX 94%	Non attivabile	MIN-MAX 134%
	Ribaltamento multiplo pareti	3-4	2,963		Non attivabile	
	Ribaltamento	2-3-4	2,287		Non	

	multiplo pareti				attivabile	
	Ribaltamento multiplo pareti	1-2-3-4	1,954		Non attivabile	
	Flessione verticale singola	4	Non attivabile		0,131	
	Flessione verticale multipla	1-2-3-4	Non attivabile		0,439	

Ing. Alessandro Grazzini



CALCOLO STATO TENSIONALE IN FONDAZIONE ALLO STATO DI FATTO E CALCOLO LIMITI INCREMENTO 10%

MURATURA 1800 daN/m³
C.A. 2500 daN/m³

EDIFICIO BASSO	s	l	h	p	σ	10%	σ +10%
<i>Fondazioni</i>							
Sud	0,5	10,23	0,5	4603,50 daN	1,56 daN/cm ²	0,16	1,71 daN/cm ²
Nord	0,5	10,23	0,5	4603,50 daN	1,44 daN/cm ²	0,14	1,59 daN/cm ²
Est	0,5	6,05	0,5	2722,50 daN	1,14 daN/cm ²	0,11	1,25 daN/cm ²
Ovest	0,5	6,05	0,5	2722,50 daN	1,01 daN/cm ²	0,10	1,11 daN/cm ²
<i>PT</i>	s	l	h	p			
Sud	0,5	10,23	2,45	22557,15 daN			
a dedurre finestre	0,5	0,7	0,9	-2	-1134,00 daN		
balcone	0,06	10,23	1,03		1580,54 daN		
sovraccarico balcone			0,5	400	2107,38 daN		
Nord	0,5	10,23	2,45		22557,15 daN		
a dedurre apertura	0,5	2	1,64	-1	-2952,00 daN		
Est	0,5	6,05	2,45		13340,25 daN		
a dedurre apertura	0,5	1,37	2,31	-1	-2848,23 daN		
Ovest	0,38	6,05	2,45		10138,59 daN		
a dedurre apertura	0,38	1,2	1,64	-1	-1346,11 daN		
Soletta c.a.	0,11	3			8439,75 daN		
trave c.a.	0,2	10,23	0,25	2	639,38 daN		
sovraccarico			0,5	200	3069,00 daN		
<i>P1</i>							
Sud	0,4	10,23	5		36828,00 daN		
a dedurre aperture	0,4	1,18	3,12	-2	-5301,50 daN		
	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN		
Nord	0,4	10,23	5		36828,00 daN		
a dedurre aperture	0,4	1,1	2,32	-3	-5512,32 daN		
Est	0,4	5,87	5		21132,00 daN		
Ovest	0,38	5,87	5		20075,40 daN		
a dedurre apertura	0,38	0,8	2,1	-1	-1149,12 daN		
Controsoffitto				50	767,25 daN		
Copertura				120	4456,19 daN		
Neve			0,2	126	935,80 daN		
TORRE	s	l	h	p	σ		
<i>Fondazioni</i>							
Sud	0,5	4,93	0,5	2218,50 daN	2,06 daN/cm ²	0,21	2,26
Nord	0,5	4,93	0,5	2218,50 daN	1,34 daN/cm ²	0,13	1,47
Est	0,5	4,93	0,5	0,00 daN	0,78 daN/cm ²	0,08	0,86
Ovest	0,5	5,61	0,5	2524,50 daN	0,95 daN/cm ²	0,09	1,04
<i>PT</i>	s	l	h	p			
Sud	0,5	4,93	2,4		10648,80 daN		
a dedurre finestre	0,5	0,74	0,9	-1	-599,40 daN		
Nord	0,5	4,93	2,4		10648,80 daN		
a dedurre apertura	0,5	0,74	1,2	-1	-799,20 daN		
Est	0	0	0		0,00 daN		
a dedurre apertura	0	0	0	-1	0,00 daN		
Ovest	0,5	5,61	2,4		12117,60 daN		
a dedurre apertura	0,5	0,74	0,9	-1	-599,40 daN		
Soletta c.a.	0,11	3			4067,25 daN		
trave c.a.	0,2	4,93	0,3	2	369,75 daN		
sovraccarico			0,5	200	1479,00 daN		
<i>P1</i>							
Sud	0,4	5,02	3,66		13228,70 daN		

a dedurre aperture	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN
Nord	0,4	5,02	3,66		13228,70 daN
a dedurre aperture	0,4	0,74	1,2	-1	-639,36 daN
Est	0	0	0		0,00 daN
Ovest	0,4	5,43	3,66		14309,14 daN
a dedurre apertura	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN
Soletta c.a.	0,12	3			4518,00 daN
trave c.a.	0,2	5,02	0,25	2	313,75 daN
sovraccarico			0,5	200	1506,00 daN
<i>P2</i>					
Sud	0,4	5,02	3,5		12650,40 daN
a dedurre aperture	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN
Nord	0,4	5,02	3,5		12650,40 daN
a dedurre aperture	0	0	0	0	0,00 daN
Est	0,4	5,41	3,5		13633,20 daN
Ovest	0,4	5,41	3,5		13633,20 daN
a dedurre apertura	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN
Soletta c.a.	0,12	3			4518,00 daN
trave c.a.	0	0	0	2	0,00 daN
sovraccarico			0,5	50	376,50 daN
<i>Sottotetto</i>					
Sud	0,4	5,02	1,15		4156,56 daN
a dedurre aperture	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Nord	0,4	5,02	1,15		4156,56 daN
a dedurre aperture	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Est	0,4	5,41	1,15		4479,48 daN
a dedurre aperture	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Ovest	0,4	5,41	1,15		4479,48 daN
a dedurre apertura	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Copertura				120	2027,68 daN
Neve			0,2	126	354,84 daN

CALCOLO STATO TENSIONALE IN FONDAZIONE ALLO STATO DI PROGETTO E VERIFICA LIMITI INCREMENTO 10%

MURATURA	1800 daN/m ³						
C.A.	2500 daN/m ³						
EDIFICIO BASSO	s	l	h	p	σ	σ +10%	
<i>Fondazioni</i>							
Sud	0,5	10,23	0,5	4603,50 daN	1,56 daN/cm ² <	1,71 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
Nord	0,5	10,23	0,5	4603,50 daN	1,44 daN/cm ² <	1,59 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
Est	0,5	6,05	0,5	2722,50 daN	1,14 daN/cm ² <	1,25 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
Ovest	0,5	6,05	0,5	2722,50 daN	1,01 daN/cm ² <	1,11 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
<i>PT</i>	s	l	h	p			
Sud	0,5	10,23	2,45	22557,15 daN			
a dedurre finestre	0,5	0,7	0,9	-2	-1134,00 daN		
balcone	0,06	10,23	1,03		1580,54 daN		
sovraccarico balcone			0,5	400	2107,38 daN		
Nord	0,5	10,23	2,45		22557,15 daN		
a dedurre apertura	0,5	2	1,64	-1	-2952,00 daN		
Est	0,5	6,05	2,45		13340,25 daN		
a dedurre apertura	0,5	1,37	2,31	-1	-2848,23 daN		
Ovest	0,38	6,05	2,45		10138,59 daN		
a dedurre apertura	0,38	1,2	1,64	-1	-1346,11 daN		
Soletta c.a.	0,11	3			8439,75 daN		
trave c.a.	0,2	10,23	0,25	2	639,38 daN		
sovraccarico			0,5	200	3069,00 daN		
<i>P1</i>							
Sud	0,4	10,23	5		36828,00 daN		
a dedurre aperture	0,4	1,18	3,12	-2	-5301,50 daN		
	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN		
Nord	0,4	10,23	5		36828,00 daN		
a dedurre aperture	0,4	1,1	2,32	-3	-5512,32 daN		
Est	0,4	5,87	5		21132,00 daN		
Ovest	0,38	5,87	5		20075,40 daN		
a dedurre apertura	0,38	0,8	2,1	-1	-1149,12 daN		
Controsoffitto				50	767,25 daN		
Copertura				120	4456,19 daN		
Neve			0,2	126	935,80 daN		
TORRE	s	l	h	p	σ	σ +10%	
<i>Fondazioni</i>							
Sud	0,5	4,93	0,5	2218,50 daN	2,09 daN/cm ² <	2,26 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
Nord	0,5	4,93	0,5	2218,50 daN	1,37 daN/cm ² <	1,47 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
Est	0,5	4,93	0,5	0,00 daN	0,78 daN/cm ² <	0,86 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
Ovest	0,5	5,61	0,5	2524,50 daN	0,95 daN/cm ² <	1,04 daN/cm ²	VERIFICA SODDISFATTA
<i>PT</i>	s	l	h	p			
Sud	0,5	4,93	2,4		10648,80 daN		
a dedurre finestre	0,5	0,74	0,9	-1	-599,40 daN		
Nord	0,5	4,93	2,4		10648,80 daN		
a dedurre apertura	0,5	0,74	1,2	-1	-799,20 daN		
Est	0	0	0		0,00 daN		
a dedurre apertura	0	0	0	-1	0,00 daN		
Ovest	0,5	5,61	2,4		12117,60 daN		
a dedurre apertura	0,5	0,74	0,9	-1	-599,40 daN		
Soletta c.a.	0,11	3			4067,25 daN		
trave c.a.	0,2	4,93	0,3	2	369,75 daN		
sovraccarico			0,5	300	2218,50 daN		
<i>P1</i>							
Sud	0,4	5,02	3,66		13228,70 daN		
a dedurre aperture	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN		
Nord	0,4	5,02	3,66		13228,70 daN		
a dedurre aperture	0,4	0,74	1,2	-1	-639,36 daN		
Est	0	0	0		0,00 daN		
Ovest	0,4	5,43	3,66		14309,14 daN		
a dedurre apertura	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN		
Soletta c.a.	0,12	3			4518,00 daN		
trave c.a.	0,2	5,02	0,25	2	313,75 daN		
sovraccarico			0,5	300	2259,00 daN		
<i>P2</i>							
Sud	0,4	5,02	3,5		12650,40 daN		
a dedurre aperture	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN		
Nord	0,4	5,02	3,5		12650,40 daN		
a dedurre aperture	0	0	0	0	0,00 daN		
Est	0,4	5,41	3,5		13633,20 daN		
Ovest	0,4	5,41	3,5		13633,20 daN		

a dedurre apertura	0,4	1,1	2,32	-1	-1837,44 daN
Soletta c.a.	0,12	3			4518,00 daN
trave c.a.	0	0	0	2	0,00 daN
sovraccarico			0,5	50	376,50 daN
<i>Sottotetto</i>					
Sud	0,4	5,02	1,15		4156,56 daN
a dedurre aperture	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Nord	0,4	5,02	1,15		4156,56 daN
a dedurre aperture	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Est	0,4	5,41	1,15		4479,48 daN
a dedurre aperture	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Ovest	0,4	5,41	1,15		4479,48 daN
a dedurre apertura	0,4	1	0,4	-4	-1152,00 daN
Copertura				120	2027,68 daN
Neve			0,2	126	354,84 daN