

RISTRUTTURAZIONE CON MIGLIORAMENTO SISMICO COMPLESSO SCUOLA DALL'AGLIO codice: A_181 anno 2022



DOCUMENTO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Progettista
Ermes Torreggiani ingegnere
Responsabile del Procedimento
Ermes Torreggiani ingegnere

Reggio Emilia, Marzo 2020

Indice generale

DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE.....	3
BISOGNI DA SODDISFARE.....	7
SCELTA DELLE ALTERNATIVE.....	8
CRITICITÀ.....	9
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	9
FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO.....	9
SUDDIVISIONE IN LOTTI.....	10
STIMA SOMMARIA.....	10
FABBISOGNO FINANZIARIO E QUADRO ECONOMICO.....	11
LIVELLI DELLA PROGETTAZIONE.....	11
CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE.....	12
MODALITÀ DI APPALTO.....	12

DESCRIZIONE DELLO STATO ATTUALE

L'edificio che ospita la scuola primaria "Dall'Aglio" si compone di diversi blocchi adibiti ad aule dedicate alle attività didattiche, palestra, e spazi comuni, in particolare:

- per la primaria da 14 aule attrezzate per la didattica, 1 atelier, 1 mensa;
- per la secondaria da 17 aule attrezzate per la didattica, 1 Laboratorio scientifico attrezzato per esperimenti di chimica e fisica, 1 Laboratorio informatico, 2 Laboratori di Educazione Musicale, 2 Laboratori di Educazione Artistica, 1 Aula multimediale polivalente, 1 Atelier Digitale e 1 Biblioteca;
- comuni una palestra grande per attività motorie, una piccola palestra per attività di psicomotricità, due cortili interni e uno esterno per le attività ricreative.

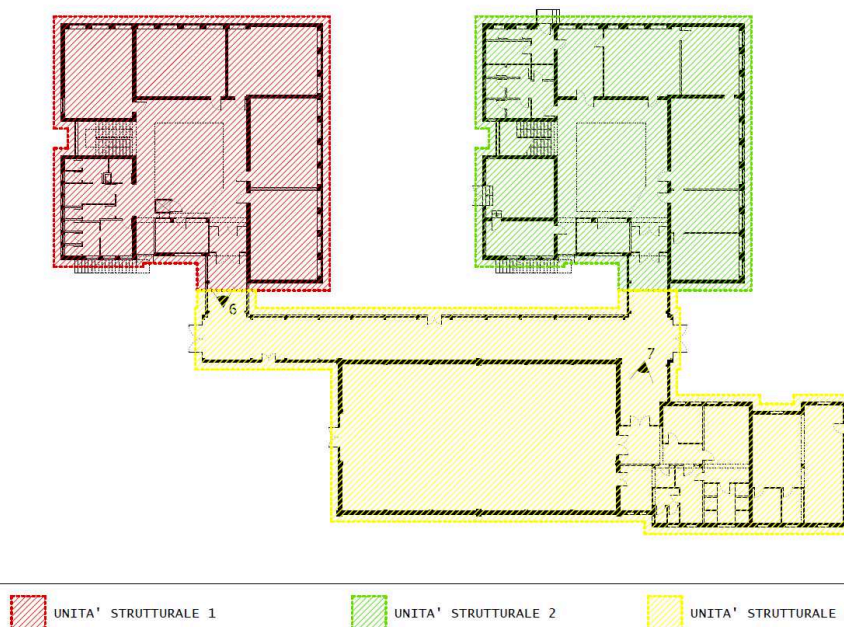
Dati dimensionali principali: Sup.lotto: 5.303m² Sup.coperta: 1.7540m² Sup. calpestabile: 2.256m² Sup. lorda: 2.480m² Volume lordo 10.536m³

È adeguatamente inserito nel contesto urbano esistente e risulta facilmente accessibile sia ciclopeditalmente perché è adiacente alla rete ciclopeditale principale della città, sia veicolarmente poiché si trova nei pressi della via Emilia.

È accessibile e fruibile da parte dei diversi utenti, comprese le persone con disabilità.

È facilmente accessibile dai mezzi di soccorso (ambulanze) e dai mezzi di pronto intervento (Polizia, Vigili del Fuoco, ecc.).

PLANIMETRIA UNITA' STRUTTURALI



L'edificio, costruito nel 1966(1° lotto) e 1971(2° lotto) , è costituito da 3 corpi di

fabbrica/unità strutturali (le unità strutturali 1 e 2 sono uguali):

- **US 1-2 Aule,archivio segreteria:** struttura avente due piani fuori terra a struttura mista in muratura e cemento armato. Realizzata in muratura portante a due e tre teste in mattone faccia vista pieno, solai a travetti e pignatte aventi luce di appoggio pari a 6 metri e altezze di interpiano pari a 3 metri. Scale e ballatoio in cemento armato, con solaio a sbalzo del ballatoio in cemento armato avente luce pari a 1.70 metri e spessore di 23 cm. La copertura realizzata in solai latero cementizi con interposte travi rompitratta e capriate in cemento armato, inoltre in corrispondenza del lucernario sono state realizzate delle travi reticolari in acciaio a sostentamento del solaio di copertura che risultano mancanti dal progetto esecutivo strutturale dell'epoca;
- **US 3 Palestra, spogliatoi e corridoi di collegamento:** è costituita dal corpo palestra, dai corridoi di collegamento e dagli spogliatoi annessi che sono stati ampliati e costruiti in aderenza all'alloggio del custode. Le murature di tamponamento della palestra allo stesso tempo risultano anche portanti per la copertura del corridoio di collegamento poiché è stata realizzata in appoggio . La palestra realizzata in cemento armato avente pilastri di diverse dimensioni: pilastri principali centrali a croce di dimensioni 75x60cm, pilastri nella zona d'angolo avente dimensioni esterne di 60x60cm, pilastri tra i muri di tamponamento di 25x30 cm, altezza palestra rilevata esternamente in quanto all'interno è stato realizzato un controsoffitto risulta essere pari a $h = 6.90$. La muratura di tamponamento tra i pilastri della palestra e in laterizio pieno faccia a vista risulta caricata del solaio in cemento armato di copertura del corridoio. Il blocco spogliatoi, del quale non si è reperito materiale grafico aggiornato è verosimile che sia stato realizzato in contemporanea della palestra, è stato costruito in prosieguo dell'alloggio custode in struttura mista muratura e pilastri in cemento armato.;

Le strutture in cemento si presentano in buono stato di conservazione, non risultano evidenti particolari segni di degrado, ad esame visivo il calcestruzzo strutturale appare compatto e privo di fessurazioni degne di nota.

Sono evidenti segni di dissesti fondali differenziali, soprattutto in coincidenza delle zone di passaggio tra le diverse unità strutturali e nell'angolo sud-est dell'unità strutturale US2

Le problematiche strutturali sono:

- Per quel che riguarda il quadro fessurativo della struttura si riscontrano particolari condizioni problematiche dovute ai collegamenti tra le unità strutturali, dovute a mancanza di giunti strutturali e connessioni tra strutture di copertura particolarmente pesanti che appoggiano su murature d'angolo, provocando uno schiacciamento per sovraccarico localizzato;

- degrado delle strutture in cemento armato a faccia vista esterne che subiscono l'influenza degli agenti atmosferici principalmente individuabili nell'espulsione del copriferro delle armature e con armatura a vista ossidata.

Nel 2017 è stata affidato l'incarico per la redazione dell'Analisi di Vulnerabilità Sismica all'ing. Luca Forti, professionista specializzato nella redazione di calcoli strutturali.

L'ingegnere ha eseguito la modellazione strutturale analizzando le 8 strutture con modelli matematici distinti, secondo quanto previsto dalla normativa vigente come sinteticamente riportato nel seguito.

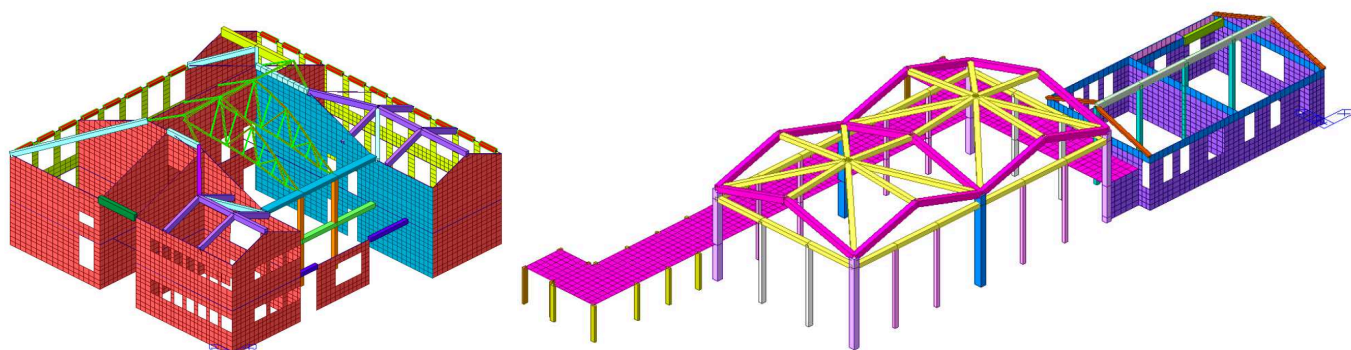
Materiali: per quanto riguarda il livello di conoscenza è stato raggiunto un livello di conoscenza LC1 quindi con fattore di confidenza 1.35. Per le proprietà meccaniche si è fatto riferimento ai materiali di uso comune per l'epoca di realizzazione. Ai fini della verifica e conferma delle proprietà meccaniche dei materiali non sono state eseguite prove di controllo.

Fondazioni: si riscontrano problemi di cedimenti fondali soprattutto nell'unità US2 che nell'ultimo periodo durante le indagini di rilievo geometrico hanno peggiorato la loro condizione. Le lesioni sono passate nell'arco temporale di circa tre mesi dalla situazione di una lesione passante all'attuale situazione con lesioni a taglio fino al piano primo, e nuove lesioni di tipo orizzontale sulle colonne in muratura che si collegano fino alla nuova lesione passante sul muro parallelo. Per ovviare il problema si rendono necessarie prove penetrometriche nel punto indagato e nello spigolo opposto per riscontrare eventuali differenze di caratteristiche del terreno. Oltre a ciò si deve tener conto anche delle verifiche sulle condizioni al contorno, come i lavori su nuovo cantiere limitrofo, o eventuali erosione del terreno in corrispondenza del cedimento dovuto da possibili perdite di sottoservizi esistenti.

Analisi delle strutture: è stata effettuata utilizzando un modello matematico tridimensionale completo creato con un codice di calcolo commerciale (Midas Gen 2015 v2.3 codice licenza U001-07682) basato sulla teoria degli elementi finiti. Gli elementi utilizzati per la discretizzazione spaziale sono di tipo monodimensionali ("beam" o "truss") a 2 nodi per travi, pilastri.

È stata effettuata un'analisi spettrale, applicando lo spettro di progetto relativo allo SLV (Stato Limite ultimo di salvaguardia della Vita), come definito dalla normativa vigente.

Modello matematico delle unità strutturali 1-2 e 3



Al fine di analizzare il comportamento dinamico della struttura, è stata condotta un'analisi dinamica modale considerando i primi 20 modi di vibrazione. La combinazione dei modi, al fine di calcolare sollecitazioni e spostamenti complessivi dovuta ai singoli modi, è stata effettuata adottando una combinazione di tipo quadratica completa.

Il riferimento per la descrizione del moto sismico è costituito dallo spettro di risposta elastico indicato nella normativa vigente. Il moto orizzontale è considerato composto da due componenti indipendenti (chiamate X e Y) caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. Per definire correttamente lo spettro di risposta elastico è necessario identificare la categoria del sottosuolo che le indagini geognostiche eseguite hanno permesso di definire in categoria C.

Ai fini della determinazione dello spettro di progetto dell'azione sismica, sono stati scelti i seguenti parametri:

- Vita nominale della costruzione: $V_n \geq 50$ anni;
- Classe d'uso III (costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi) a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_u = 1.5$.

Ne consegue che:

- Il Periodo di riferimento risultante per la costruzione è $V_r = V_n \times C_u = 75$ anni
- In relazione allo Stato limite Ultimo di salvaguardia della Vita (SLV), il periodo di ritorno risultante per la definizione dell'azione sismica è di 712 anni.
- La probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_r e per lo stato limite considerato è pari al 10%.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono state poi effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni.

Nelle costruzioni esistenti in cemento armato o in acciaio soggette ad azioni sismiche viene attivata la capacità di elementi e meccanismi resistenti, che possono essere "duttili" o "fragili". I meccanismi duttili possono essere attivati in maniera diffusa su tutta la

costruzione, oppure in maniera non uniforme.

La plasticizzazione di un elemento o l'attivazione di un meccanismo duttile in genere non comporta il collasso della struttura. I meccanismi fragili possono localizzarsi in qualsiasi punto della struttura e possono determinare il collasso dell'intera struttura.

Gli elementi ed i meccanismi resistenti sono classificati in:

- Duttile: travi, pilastri e pareti inflesse con e senza sforzo normale;
- Fragili: meccanismi di taglio in travi, pilastri, pareti e nodi.

Nel caso di analisi dinamica lineare con fattore q , tutti gli elementi strutturali duttili e fragili devono soddisfare la condizione che la sollecitazione indotta dall'azione sismica ridotta dal fattore di struttura sia inferiore o uguale alla corrispondente resistenza.

Verifiche di sicurezza: l'analisi dinamica lineare con spettro di risposta ha permesso di calcolare le azioni agenti sugli elementi strutturali in caso di sisma. Si sono potute così eseguire le verifiche di sicurezza in corrispondenza di travi e pilastri determinando per ciascuna trave e pilastro l'accelerazione di picco che porta le strutture al raggiungimento dello stato limite.

Indice di rischio sismico IS-V in termini di accelerazione di picco al suolo (P_g) per le varie unità strutturali e per gli elementi strutturali più critici:

- **US 1-2:** IS-V1 = 3% muratura sollecitata a pressoflessione nel piano;
- **US 3:** IS-V3 = 10% travi sollecitate a flessione;

BISOGNI DA SODDISFARE

Poiché dall'analisi di vulnerabilità sismica emerge che l'indice di rischio sismico IS-V è inferiore al 60%, analizzando il quadro fessurativo e le caratteristiche delle unità strutturali si può affermare che sono necessari i seguenti interventi di miglioramento sismico per portare l'indice ad essere superiore al 60%:

- realizzare di un giunto strutturale che permetta al solaio in cemento armato del corridoi di essere sostenuto autonomamente eliminando definitivamente l'interazione tra le due unità strutturali perché la principale vulnerabilità rilevata è la mancanza di giunti strutturali nelle zone di collegamento tra US1 e US3 e tra US2 e US3 come evidenziato dal fatto si ritrovano lesioni dovute al collegamento delle unità aventi strutture con altezze, tipologia e materiali molto diversi tra loro;
- modificare il lucernario di copertura sul ballatoio, che ha dimensioni importanti, cambiando il vetro esistente con vetro di sicurezza e vincolandolo saldamente al solaio di copertura perché in caso di sisma potrebbe eventualmente cedere o causare l'esplosione della vetrata con la seguente caduta di frammenti di vetro;
- realizzare opere di sottofondazione che possono essere micropali collegati alla fondazione esistente oppure vere e proprie sottofondazioni realizzate per conci per

ovviare al cedimento fondale rilevato nell'unità US2;

- realizzare un giunto sismico fra le US1 e US2 e il corridoio di collegamento;
- aumentare la resistenza a pressoflessione nel piano, fuori dal piano e a taglio dei maschi murari mediante applicazione di tessuti in fibra di acciaio;
- incrementare la resistenza e la duttilità dei nodi delle strutture intelaiate nella unità strutturale 3;
- aumentare la resistenza a flessione e a taglio di elementi trave e pilastro zona palestra e corridoi nella unità strutturale 3;
- ancorare i tamponamenti alla struttura principale nella unità strutturale 3.

Considerato il degrado delle strutture in cemento armato a faccia vista esterne che subiscono l'influenza degli agenti atmosferici è necessario anche:

- sostituire le barre di acciaio maggiormente degradate;
- rimuovere l'ossidazione dalle barre di acciaio meno degradate e trattarle con prodotti appositi;
- ripristinare le sezioni di cemento armato del copriferro mancante con malta cementizia;
- dopo il ripristino tinteggiare tutto il calcestruzzo a faccia vista con prodotti appositi;

Nel momento in cui si interviene con il miglioramento sismico si rende necessario anche:

- Sostituire parzialmente le finiture dell'edificio, sia perché si danneggeranno durante i lavori strutturali sia perché sono ormai in parte obsolete.

SCELTA DELLE ALTERNATIVE

Le alternative principali sono due:

1. **migliorare sismicamente e ristrutturare l'edificio esistente;**
2. **demolire l'edificio e ricostruirne uno nuovo.**

È stata individuata l'alternativa 1 come la soluzione che presenta il miglior rapporto tra costi e benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire, per le motivazioni che vengono descritte nel seguito.

Motivazioni della scelta di migliorare sismicamente e ristrutturare l'edificio esistente:

Il Comune di Reggio Emilia ha improntato la propria politica urbanistica al rispetto, alla tutela ed alla valorizzazione del territorio, ponendosi fra gli obiettivi prioritari anche la salvaguardia, la valorizzazione e il recupero del patrimonio edilizio esistente, obiettivi che consentono di non "appesantire" il territorio stesso con nuove costruzioni e di impedire il consumo di suolo agricolo per nuove costruzioni edilizie.

In questa ottica si pone questo progetto che raggiunge sia l'obiettivo di valorizzare una risorsa esistente e sia di non consumare ulteriore suolo.

I vantaggi ambientali ed economici sono assolutamente evidenti, ricostruire significherebbe:

- consumo di nuovo suolo agricolo perché sarebbe impossibile ricostruire l'edificio sullo stesso sedime senza interrompere l'attività scolastica per il tempo necessario per demolire e poi ricostruire;
- tempi molto lunghi di demolizione dell'edificio esistente, costruzione del nuovo edificio e nel contempo riconversione dell'area scolastica attuale;
- spostamento dell'attività scolastica ed anche sportiva in altre zone lontane dalla scuola attuale perché in vicinanza non esistono altre aree libere di quelle dimensioni;
- costi notevolmente superiori della ricostruzione stimabili in circa 5,5 milioni di euro (indicativamente: nuovo edificio $2.500\text{m}^2 \times 2.000\text{€/m}^2$, acquisto area $5.300\text{m}^2 \times 100\text{€/m}^2$, urbanizzazione (parcheggi, marciapiedi, strada accesso, fognature, servizi, ...) 50 posti auto $\times 3.000\text{€/posto auto}$) contro 0,8 milioni di euro per il miglioramento sismico.

CRITICITÀ

La presenza dell'attività scolastica renderà necessario procedere con più stralci attuativi consecutivi in modo da mantenere l'attività scolastica spostando solo alcune classi per volta.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

IL progetto dovrà prevedere lavori di:

- Completamento: Connessione di elementi esistenti, ancoraggio, controventatura di componenti esistenti, ...
- Rinforzo ed irrigidimento: Pareti, contrafforti, rinforzo impalcati esistenti, applicazione di tessuti in fibra di acciaio ...
- Miglioramento capacità deformativa: Confinamento, rinforzo pilastri, riduzioni locali di rigidità, appoggi supplementari, realizzazione di giunti strutturali;
- Sottofondazioni con micropali;
- Ripristino e tinteggio del calcestruzzo a faccia vista;
- Modifica del lucernario;
- Rifacimento parziale delle finiture.

FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

L'intervento dal punto di vista edilizio si configura come RRE "interventi di ristrutturazione

edilizia, cioè gli interventi rivolti a trasformare gli organismi edilizi mediante un insieme sistematico di opere che possono portare ad un organismo edilizio in tutto o in parte diverso dal precedente. Tali interventi comprendono il ripristino o la sostituzione di alcuni elementi costitutivi dell'edificio, l'eliminazione, la modifica e l'inserimento di nuovi elementi ed impianti".

È fattibile perché:

- Le risorse economiche e finanziarie per realizzare l'opera sono state stanziare, cioè sono state inserite nel Programma Triennale dei Lavori Pubblici 2020-2022 del Comune di Reggio Emilia e sono previste nel bilancio annuale 2022 del Comune di Reggio Emilia di prossima approvazione;
- La proprietà dell'edificio è comunale;
- è conforme dal punto di vista edilizio-urbanistico;
- Non ci sono vincoli ambientali o di altro genere che impediscano la realizzazione dell'intervento;
- Non ci sono preesistenze archeologiche;
- L'intervento rispetta la legislazione in materia di requisiti igienico-sanitari, di prestazioni energetiche degli edifici e di prevenzione incendi, di accessibilità e di superamento delle barriere architettoniche;

SUDDIVISIONE IN LOTTI

I lavori di cui al presente progetto sono da eseguirsi in un unico lotto in quanto la suddivisione non è possibile.

STIMA SOMMARIA

LAVORI DA REALIZZARE	PARAMETRO (superficie, a corpo)	COSTO PARAMETRICO	COSTO LAVORI
Miglioramento sismico	2.500,00 m ²	200 €/m ²	€ 500.000
Sottofondazioni con micropali nell'unità strutturale 1	a corpo	50.000 €	€ 50.000
Ripristino e tinteggio del calcestruzzo a faccia vista esterno	a corpo	50.000 €	€ 50.000
Sistemazione lucernario	a corpo	20.000 €	€ 20.000
Rifacimento parziale finiture	1.000,00 m ²	50 €/m ²	€ 50.000
TOTALE LAVORI			€ 670.000

FABBISOGNO FINANZIARIO E QUADRO ECONOMICO

Il fabbisogno finanziario per la realizzazione dell'opera è di 2.100.000,00€ come dettagliato nel seguente Quadro Economico.

Codici	DESCRIZIONE DELLE VOCI	IMPORTI SINGOLE VOCI	TOTALI
A LAVORI A BASE D'ASTA			
A.1	Lavori di miglioramento sismico, rifacimento parziale delle finiture, sistemazione lucernario, sottofondazioni e ripristino del calcestruzzo	€ 670.000,00	
A.2	Oneri per la sicurezza (2%)	€ 13.400,00	
TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA			€ 683.400,00
B SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			
B.1	I.V.A sui LAVORI (10% perché ristrutturazione edilizia)	€ 68.340,00	
B.2	Spese tecniche Progettazione Strutturale, Impiantistica e Coord. Sicurezza (IVA 22% e 4% CNPAIA comprese)	€ 37.587,00	
B.3	Incentivo x funzioni tecniche dipendenti pubblici Art.113 c.1 D.Lgs 50/2016 (1,0%)	€ 6.834,00	
B.4	Contributo ANAC, Imprevisti, allacciamenti e arrotondamenti	€ 3.839,00	
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE			€ 116.600,00
TOTALE			€ 800.000,00

LIVELLI DELLA PROGETTAZIONE

La progettazione sarà articolata secondo due livelli di successivi approfondimenti tecnici, il progetto di fattibilità tecnica ed economica e il successivo progetto esecutivo.

Si ritiene che non sia necessario il livello definitivo considerato che il progetto strutturale si può sviluppare direttamente al livello esecutivo.

La progettazione deve assicurare:

- il soddisfacimento dei fabbisogni della collettività;
- la qualità architettonica e tecnico funzionale e di relazione nel contesto dell'opera;
- la conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela dei beni culturali e paesaggistici, nonché il rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia di tutela

della salute e della sicurezza;

d) un limitato consumo del suolo;

f) il risparmio e l'efficientamento ed il recupero energetico nella realizzazione e nella successiva vita dell'opera nonché la valutazione del ciclo di vita e della manutenibilità delle opere;

h) la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture;

i) la compatibilità geologica, geomorfologica, idrogeologica dell'opera;

l) l'accessibilità secondo quanto previsto dalle disposizioni vigenti in materia di barriere architettoniche.

CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Progettazione

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Da inizio NOVEMBRE 2021 a fine DICEMBRE 2021 (2 mesi)
Affidamento incarico progettazione esecutiva	da inizio GENNAIO 2022 a fine GENNAIO 2022 (1 mese)
Progetto Esecutivo	da inizio FEBBRAIO 2022 a fine LUGLIO 2022 (7 mesi)

Appalto / Esecuzione Lavori

Gara d'appalto	da LUGLIO 2022 a SETTEMBRE 2022 (3 mesi)
Contratto	da SETTEMBRE 2022 a NOVEMBRE 2022 (3 mesi)
Inizio lavori	GENNAIO 2023
Fine lavori	AGOSTO 2024 (15 mesi)

Collaudo / Autorizzazioni

Collaudi	AGOSTO 2024
Autorizzazioni	AGOSTO 2024

MODALITÀ DI APPALTO

Ai fini dell'aggiudicazione dell'appalto la procedura di scelta del contraente sarà di tipo aperto con pubblicazione di un bando aperto a tutti gli operatori economici in possesso dei requisiti.

Trattandosi di un appalto di lavori, l'appalto sarà affidato ponendo a base di gara il progetto esecutivo.

Il criterio di aggiudicazione sarà l'offerta economicamente più vantaggiosa.

Il Progettista e Responsabile Unico del Procedimento
ing. Ermes Torreggiani