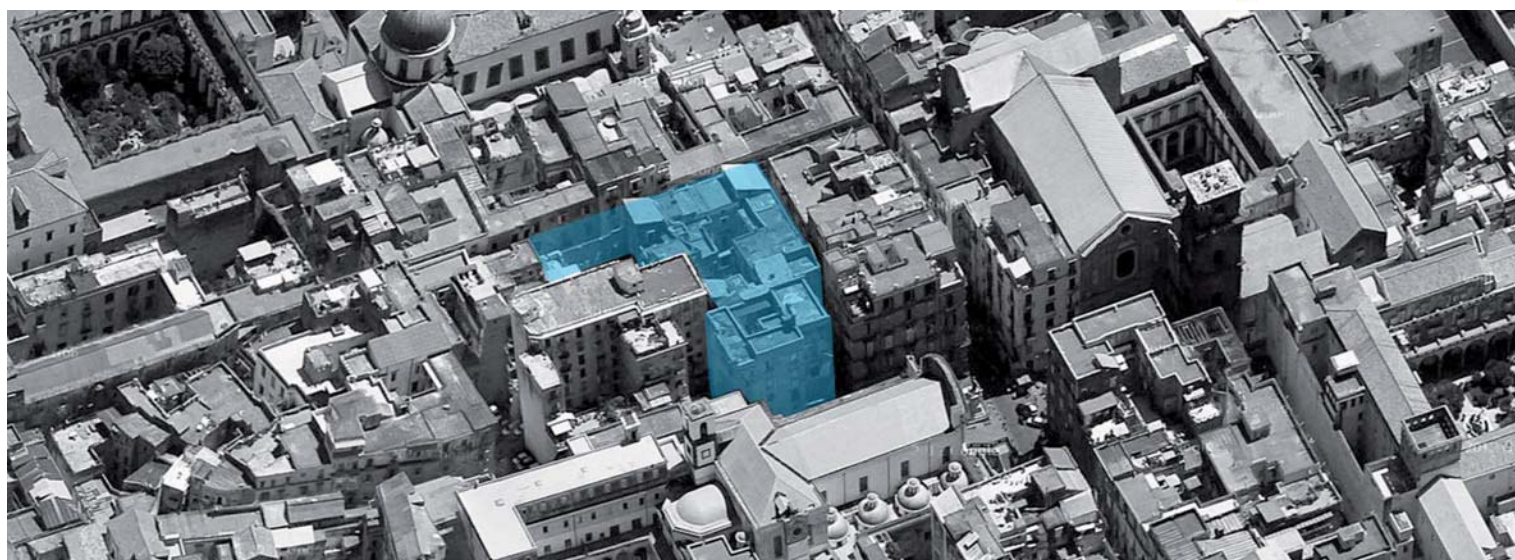


Procedura per l'affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente all'intervento denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO", sulla scorta del progetto preliminare redatto dal Comune di Napoli - Direzione Centrale Pianificazione e Gestione del Territorio - Sito Unesco (C.F.01207650639) con sede in Largo Torretta, 19 - 80122 NAPOLI. Programma Operativo Regionale FESR Campania 2007-2013. Asse VI Sviluppo urbano e qualità della vita. Obiettivo Operativo 6.2. Napoli e Area metropolitana. Grande Progetto Centro Storico di Napoli Valorizzazione del sito UNESCO.

PROGETTO DEFINITIVO

Responsabile del Procedimento
Arch. Luca D'Angelo



R.T.P.:

Progettazione architettonica, strutturale, restauro, CSP e Coordinamento prestazioni specialistiche

corvino + multari

via ponti rossi, n°117b - 80131 napoli tel +39.081.7441678 fax +39.081.7441900
organizzazione con sistema di gestione conforme alla norma UNI EN ISO 9001:2008

Progettazione impiantistica e CSP

Arbolino Ingg. Associati

Piazzale Tecchio 49F - 80125 Napoli

Geologia

Dott. Geol. Gavino Acierno

via Unione Sovietica, 53 - 58100 Grosseto

Reatauratrice

Deborah De Vincenzo

Corso Vittorio Emanuele, 578 - 80135 Napoli

Giovane Professionista

Arch. Giovanna Tedeschi

via Nicola Sala, n.29 - 82100 - Benevento



Oggetto:

RELAZIONE TECNICA SULLE STRUTTURE

tavola:

0_D_STR_RT

scala:

rev.:	descrizione:	controllato da:	approvato da:	formato:	data:
00	prima emissione				19 gennaio 2018
01	revisione ed integrazione				14 ottobre 2018

Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA SULLE STRUTTURE

Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"

INDICE

1. Premessa.....	3
2. Descrizione delle strutture allo stato attuale.....	4
3. Descrizione del progetto di intervento strutturale	14
3.1. Proposta funzionale	14
4. Indagini Conoscitive	16
5. Struttura e Modellazione.....	19
6. Valutazione delle azioni sismiche.....	22
6.1. Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche:	25
6.2. Spettri di Risposta Elastico in Accelerazioni della Componente Orizzontale	25
7. Valutazione delle Azioni Non Sismiche	28
7.1. Carichi Strutturali	28
7.2. Carichi Permanenti	28
7.3. Carichi Accidentali	28
7.4. Azione del Vento	28
7.5. Azione della Neve.....	29
8. Condizioni e Combinazioni di Calcolo	32
9. Individuazione degli interventi	34
9.1. Consolidamento delle volte IS 1	39
9.2. Consolidamento degli archi IS 2.....	39
9.3. Rinforzo di scale in muratura IS 3	39
9.4. Sostituzione delle scale a struttura leggera IS 4	40
9.5. Sostituzione delle plattebande IS 5.....	40
9.6. Consolidamento delle murature IS 6.....	40
9.7. Rinforzo dei solai in ferro e laterizio con soletta in c.a. collaborante IS 7	41
9.8. Ripristino e rinforzo dei solai lignei con soletta in c.a. collaborante IS 8	41
9.9. Sostituzione dei solai in legno IS 9.....	42
9.10. Inserimento e/o sostituzione di catene metalliche IS 10	42
9.11. Inserimento di cordolo sommitale in muratura armata IS 11.....	42
9.12. Rinforzo strutturale delle murature con fasce in G-FRP IS 12	43
9.13. Sostituzione e/o rifacimento delle coperture in falda IS 13	43
10. Messa in sicurezza del complesso	44

1. Premessa

La presente relazione ha lo scopo di descrivere gli interventi progettuali sulle strutture previsti sul complesso edilizio identificato come Tempio della Scorziata, da realizzare nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del sito UNESCO.

La progettazione riguarda la riqualificazione, il recupero funzionale e statico del complesso immobiliare comunale che si colloca all'interno centro storico di Napoli a ridosso di Piazza San Gaetano e della centralissima Via dei Tribunali, risultando l'aggregato in parola delimitato per tre lati da stradine urbane e dal quarto da immobili di proprietà privata.

Il complesso di proprietà del comune risulta attualmente in disuso e fortemente compromesso nella staticità ed in termini di conservazione, essendo composto essenzialmente da una serie di abitazioni e dalla chiesa della Presentazione di Maria al Tempio, lo stesso è destinato in parte a riconversione funzionale, ovvero dovrà ospitare la commissione Tributaria Provinciale e Regionale. I futuri enti utenti, tramite riunioni preliminari alla progettazione, hanno espresso ed indicato le loro esigenze funzionali alla base del dimensionamento di qualsiasi scelta progettuale di riqualificazione del fabbricato. Si prevede la suddivisione delle funzioni regionali da quelle provinciali e uno studio specifico sugli ambienti a servizio di queste attività.

Il complesso della Scorziata è tra gli immobili più significativi del Programma. La chiesa e il ritiro sono inutilizzati da molti anni. Ai danni dati dalla vetustà e dai terremoti, si è aggiunta quindi l'assenza di una adeguata manutenzione che ha contribuito a pregiudicare la statica di alcune aree del complesso. In ultimo un incendio ha determinato la compromissione della chiesa e delle strutture sovrastanti.

Data la consistenza del complesso architettonico e l'esiguità del finanziamento, in questa prima fase è stato necessario individuare due lotti di intervento, il lotto A, per la cui realizzazione sarà utilizzato il finanziamento di € 2.5000.000, e il lotto B di completamento dei lavori di tutto il complesso per il quale si sta provvedendo a individuare ulteriori forme di finanziamento.

L'obiettivo perseguito è stato il restauro e la rifunzionalizzazione di un'ala della fabbrica e l'arresto del degrado del complesso edilizio attraverso interventi volti a riparare localmente gli elementi strutturali più danneggiati e in pericolo di crollo con puntellature mirate alla salvaguardia del bene.

Il perimetro dell'area d'intervento è stato individuato in modo da realizzare un'unità edilizia perfettamente autonoma rispetto alla restante fabbrica. La scelta del primo lotto sul quale intervenire risponde a più esigenze, ovvero la prima di tutela del bene e la seconda di natura architettonica e compositiva, per cui è stata individuata come area quella prospiciente al vico Cinquesanti. Precisando altresì che questa parte del complesso prospetta sulla facciata laterale della chiesa di San Paolo, formando un piccolo slargo che può essere oggetto di valorizzazione.

2. Descrizione delle strutture allo stato attuale

Il Sacro Tempio della Scorziata è un complesso edilizio piuttosto articolato situato in prossimità di piazza San Gaetano. Originariamente era un ritiro per giovani donne, con annessa chiesa dedicata alla Presentazione di Maria al Tempio.

Fu fondato nel 1579 da tre nobildonne napoletane, Giovanna Scorziata e Lucia e Agata Paparo. Giovanna Scorziata, da cui il complesso prende il nome, fondò il conservatorio in un'ala del palazzo di famiglia (il Palazzo De Scorciatis) e ne affidò la cura ai Chierici Regolari Teatini. Nel 1585 Lucia Paparo, per incomprensioni sulla gestione del collegio, abbandonò il tempio e fondò il convento di Santa Maria della Stella alle Paparelle. L'ex ritiro occupa la parte a sud dell'ultima insula interna al primo nucleo della città greco-romana.

Il vico Giganti era il confine orientale di questa area. L'immobile è il risultato di successivi accrescimenti, nella veduta del Lafrery del 1566 si vede un piccolo edificio isolato in angolo su piazza san Gaetano. I lavori di edificazione del conservatorio inglobarono la cappella di S. Andrea, su vico dei Giganti, ivi esistente da data imprecisata. Il primo nucleo, quindi, gravitava sull'attuale vico Giganti, la struttura poi si estese verso vico Cinquesanti, prospettando sul fronte laterale della chiesa di San Paolo Maggiore.

Nell'atrio di accesso al ritiro è dipinto lo stemma della fondatrice con la scritta che ne ricorda l'opera datandola 1579. Sia vico Giganti che il vico Cinquesanti, deformano il loro tracciato in corrispondenza della zona alta dell'insula a causa delle preesistenze dell'antico teatro scoperto di epoca romana. In quest' area la struttura dei lotti è piuttosto irregolare, nella parte bassa dell'insula si può rilevare che la larghezza superiore ai 35 m., rispetto alle misure canoniche dei lotti, ha permesso una indipendente edificazione lungo i lati lunghi dell'insula, separata da una linea di demarcazione irregolare. Su tutti e due i lati lunghi dell'insula si aprono pertanto numerosi accessi alle abitazioni.

Nel 1755 fu realizzato un nuovo accesso su vico Cinquesanti, di fronte all'ingresso laterale di San Paolo Maggiore, nel 1768 furono eseguiti lavori di ristrutturazione degli ambienti collegati alla chiesa, le cosiddette Sacrestie, nel 1792 sono i tetti e le coperture ad essere interessate da una revisione globale della loro funzionalità, con il rifacimento completo di due interi padiglioni e la ricostruzione degli orizzontamenti. Nella pianta del Carafa del 1775 il complesso ha ormai raggiunto la configurazione attuale. Nel corso del XVIII secolo il ritiro fu più volte oggetto di opere di consolidamento e rifacimento che conferirono all'immobile l'attuale aspetto.

Del complesso della Scorziata fa parte anche la chiesa della Presentazione di Maria al Tempio. Trattasi di una chiesa di piccole dimensioni, non arriva a 100 mq di superficie utile, ma di pregevole fattura. I marmi del paliotto dell'altare maggiore sono attribuiti a Cosimo Fanzago.

La facciata è a due ordini, ciascuno scandito da due coppie di lesene in stucco col capitello ionico, quelle del primo, prive di capitello le altre. Il portale in stucco e piperno è sormontato da un tondo racchiudente una croce su tre monti. Sul davanti vi è una cancellata con pilastri di piperno. Purtroppo la chiesa ha subito notevoli danni a causa di furti di marmi, opere lignee, acquasantiere, tele, porte lignee, arredi sacri. Negli ultimi anni un incendio ha determinato notevoli danni alle coperture. Alcune travi, oramai in vista, sono annerite e la chiesa risulta spoglia e in condizioni statiche scadenti.

Il ritiro della Scorziata è anch'esso in mediocri condizioni di conservazione. Le strutture sono sensibilmente compromesse. Si tratta di un manufatto a muratura portante, con solai a volte ai primi livelli e piani ai successivi. I prospetti esterni si presentano con vaste zone prive di intonaci ed altre in fase di distacco; tutte le grondaie risultano divelte, le cornici, i cornicioni, e i davanzali si presentano con tratti delle strutture aggettanti esposte a nudo e parzialmente crollate. La consistenza del complesso risulta essere all'incirca di 5.000 mq utili, a cui aggiungono le superfici dei cortili.

Il ritiro ha accesso sia da vico Cinquesanti, che da vico dei Giganti. L'altezza massima è di circa 22,5 m. Prospetta su vico Cinquesanti per 28 m, su vicoletto della Scorziata per 32 m, su vico dei Giganti per 45 m e sul cortiletto contraddistinto dal civico 27a, attiguo alla chiesa, per 19 m.

Si sviluppa al primo livello per una superficie complessiva lorda di circa 1500 mq, utile di circa 700 mq; al secondo livello la superficie complessiva lorda è di circa 565 mq, la superficie utile è di circa 400 mq; al terzo livello la superficie complessiva lorda è di circa 870 mq, la superficie utile è di circa 500 mq; al quarto la superficie complessiva lorda è di circa 850 mq, la superficie utile è di circa 480 mq; al quinto la superficie complessiva lorda è di circa 965 mq, la superficie utile è di circa 600 mq; al sesto la superficie complessiva lorda è di circa 775 mq, la superficie utile è di circa 460 mq; al settimo la superficie complessiva lorda è di circa 1145 mq, la superficie utile è di circa 800 mq. Non è possibile effettuare una stima delle superfici dell'ottavo livello, con copertura in parte a terrazze e in parte con sottotetti. Infatti sia per i crolli che si sono verificati nel tempo, sia per gli accrescimenti impropri dovrà essere valutata attentamente la conservazione e il ripristino di tali volumi.

L'altezza massima delle costruzioni che compongono il complesso è di circa 22,5 m.

L'immobile è piuttosto articolato. Un primo ingresso è su vico Cinquesanti, attraverso l'atrio si accede al vano scala che porta al primo livello ed, alle spalle dell'atrio, si sviluppa uno stretto disimpegno che conduce alla vanella posteriore. Proseguendo per ambienti posti in successione si accede al cortile principale, da cui si articola la scala principale che collega tutti i livelli successivi.

Il cortile principale si trova alla stessa quota del vico Giganti. Originariamente aveva la funzione di atrio di ingresso del primo impianto con accesso da vico Giganti. Attraverso il suddetto cortile, sul lato destro si sviluppa la cassa scale principale che serve tutti i piani, articolata su volte murarie, a botte e a crociera, con conci tufacei sormontanti murature tufacee.

Dalla suddetta scala si accede sia ad un secondo cortile sopraelevato (a quota + 4,90 m) che ad a un giardino posizionato sul lato postico (a quota + 5,25 m). Originariamente l'immobile era costituito da 62 unità abitative, due uffici, una chiesa con pertinenze, 17 depositi e un laboratorio con deposito.

Il complesso della Scorziata è situato in prossimità di piazza San Gaetano, occupa la parte a sud dell'ultima insula interna al primo nucleo della città greco-romana, così come indicato in precedenza, lo stesso è stato edificato in epoche successive ed ospitava un ritiro per giovani donne, oltre alla chiesa della Presentazione di Maria al Tempio.

Nel corso del XVIII secolo il fabbricato fu più volte oggetto di opere di consolidamento e rifacimento che conferiscono all'immobile l'aspetto attuale.

Tutto il complesso descritto risulta fortemente degradato e compromesso sia dal punto di vista statico che materico, i danni sono stati accentuati dall'infiltrazioni di acqua piovana dai tetti che hanno causato, nel corso degli anni, una condizione di forte deterioramento degli intonaci e delle murature. Recentemente è stato necessario un intervento di somma urgenza per eliminare il pericolo del crollo di alcuni solai.

La chiesa, nel corso degli anni, ha subito notevoli danni a causa di eventi sismici, abbandono, furti e in ultimo a causa di un incendio che ha raggiunto anche le coperture. Alcune travi, oramai in vista, sono annerite, la chiesa risulta spoglia molto compromessa staticamente. La volta a botte lunettata, a copertura dell'unica navata della chiesa, è interessata da infiltrazioni e umidità che proviene dai due orizzontamenti superiori.

Le strutture paramentali della chiesa e le zone affrescate sono in un avanzato stato di degrado e fatiscenza con formazione di patina biologica, esfoliazione e dilavamento dell'intonaco delle zone una volta affrescate e presenza di efflorescenza salina a causa delle infiltrazioni provenienti dai piani superiori. Il ritiro della Scorziata è anch'esso in scadenti condizioni di conservazione.

Le strutture sono sensibilmente compromesse, all'interno si sono verificati crolli di alcuni solai e altri sono seriamente compromessi. Anche nel caso del ritiro, disabitato da anni, l'abbandono ha determinato l'acuirsi del dissesto. Le coperture risultano sensibilmente compromesse e ciò determina infiltrazioni ai piani sottostanti. I tetti a terrazza sono ormai privi di una idonea impermeabilizzazione, i tetti a falda sono in buona parte privi di tegole e dissestati.

Il complesso è stato in alcune sue parti rimaneggiato. Si tratta di un manufatto senza elementi di collegamento di interpiano a muratura portante di tufo grigio legato a malta comune, che a luoghi evidenzia notevoli indizi di degrado del proprio potere legante. Man mano che si sale ai piani superiori aumentano le fessurazioni con andamento sub-verticale, da addebitarsi ad eventi sismici e le lesioni verticali da imputarsi forse a probabili cedimenti differenziali accentuati dal terreno di fondazione.

[illegible]

cromatica prodotta da funghi e batteri alimentati dalla costante concentrazione di umidità ed acqua proveniente dagli agenti atmosferici, oltre a fenditure, distorsioni fisico-geometriche, vistose deformazioni e con tratti - tra le travi principali - crollati o in fase di crollo.

Le scale, per lo più a volte, presentano anch'esse un quadro fessurativo rilevante.

I prospetti esterni hanno vaste zone prive di intonaci ed altre in fase di distacco; tutte le grondaie risultano divelte, le cornici, i cornicioni, e i davanzali si presentano con tratti delle strutture aggettanti esposte a nudo e parzialmente crollate.

Il degrado strutturale e l'abbandono del complesso edilizio, sommati agli eventi eccezionali che lo hanno interessato (quali l'incendio all'interno della chiesa), hanno indotto una serie di crolli e di dissesti, così come precedentemente indicato, che si sono tradotti nel recente passato, nella necessaria messa in sicurezza dell'aggregato rispetto al pericolo di collasso o di caduta di calcinacci sulle pubbliche vie.

Detta attività si è concretizzata mediante una procedura tecnico-amministrativa avulsa alla progettazione in parola, coinvolgendo figure professionali distinte dal gruppo di lavoro in itinere, che ha sancito l'eliminazione del pericolo imminente di ulteriori crolli nella parte del complesso prospiciente al Vico Cinque Santi, attraverso una serie di interventi puntuali così riassumibili:

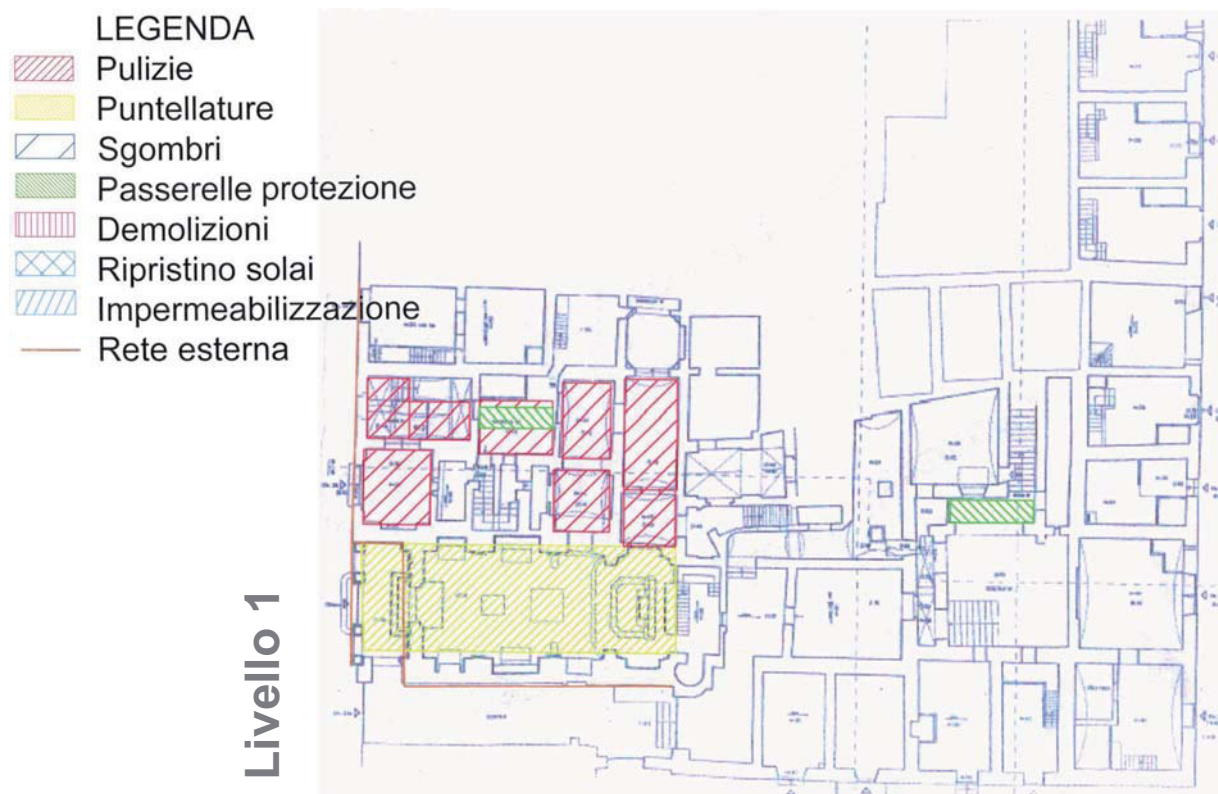
- Puntellamento degli orizzontamenti;
- Sgombero dei detriti e rimozioni di accumuli di macerie;
- Schermatura delle facciate con reti di protezione;
- Ripristino di alcuni solai (mediante attività non ben decifrate);
- Rifacimento delle impermeabilizzazioni;
- Demolizioni di porzioni di fabbrica dal crollo imminente;
- Installazione di passerelle di protezione.

Dette lavorazioni hanno interessato una serie di parti del complesso, essendo l'intervento finalizzato all'eliminazione del rischio di rovina verso l'esterno della fabbrica e sostanzialmente alla tutela della incolumità di terzi, piuttosto che ad una riqualificazione dei manufatti o alla conservazione dell'aggregato, per cui a valle dello stesso resta immutata l'inagibilità dell'aggregato edilizio e permangono i pericoli di crolli all'interno dei fabbricati che lo compongono.

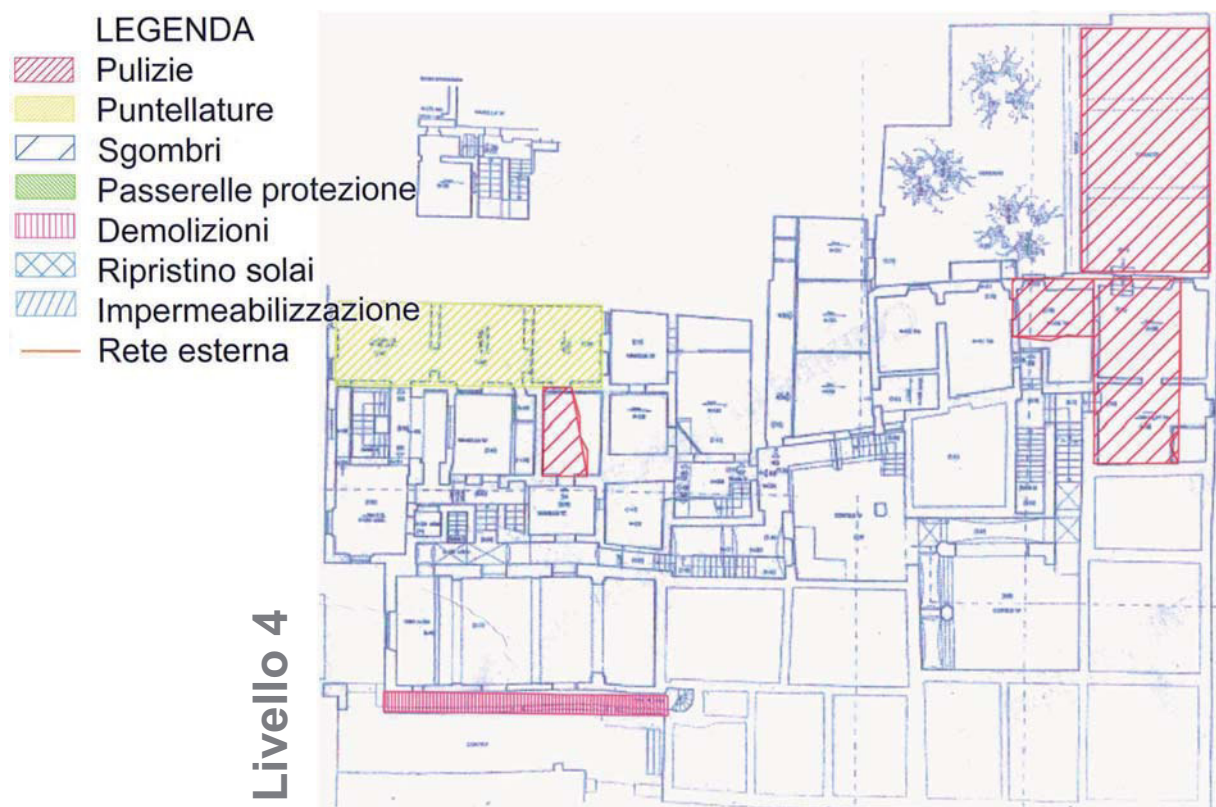
Allo stato attuale il complesso versa quindi in pessime condizioni di conservazione, ovvero precarie ma con il pericolo di collasso verso l'esterno sventato, fermo restando l'urgenza delle attività di ripristino e la necessità di una messa in sicurezza integrale, per consentire la piena accessibilità all'aggregato.

Si riportano di seguito le rappresentazioni delle attività che hanno caratterizzato questa parziale messa in sicurezza del complesso, con annessa legenda.

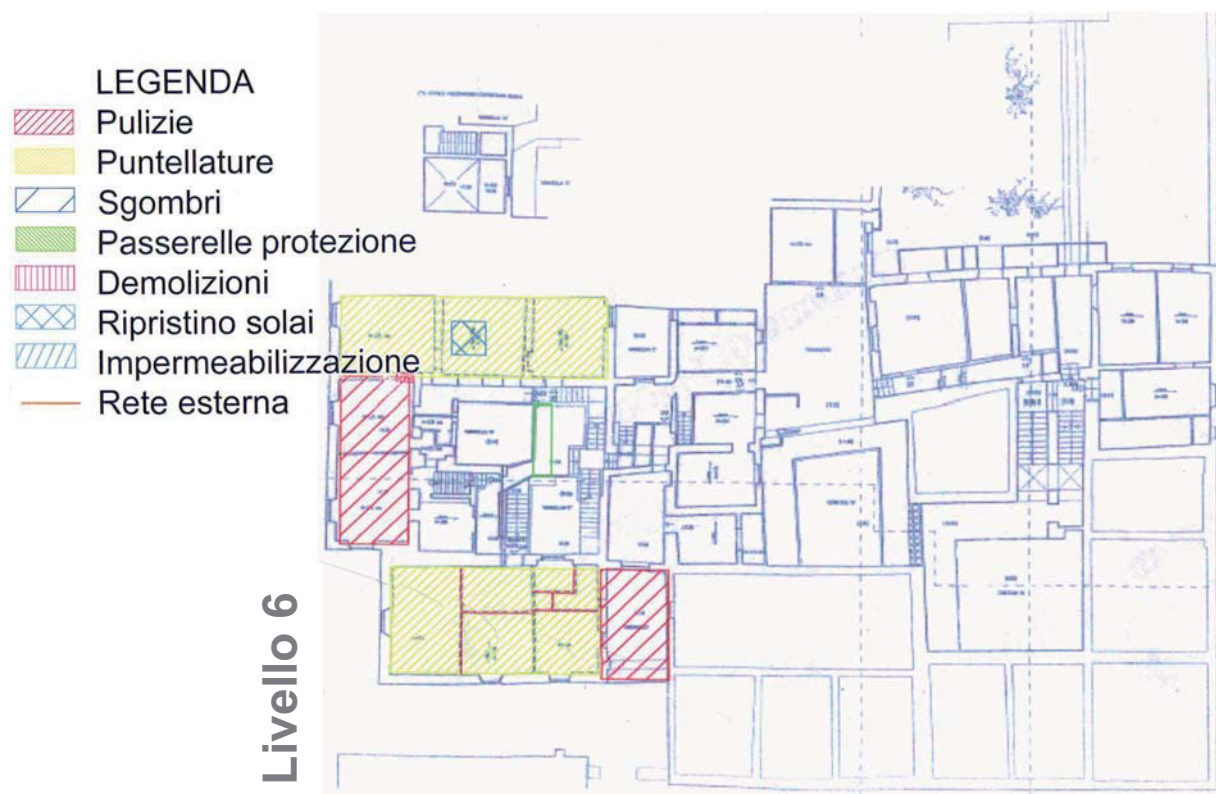
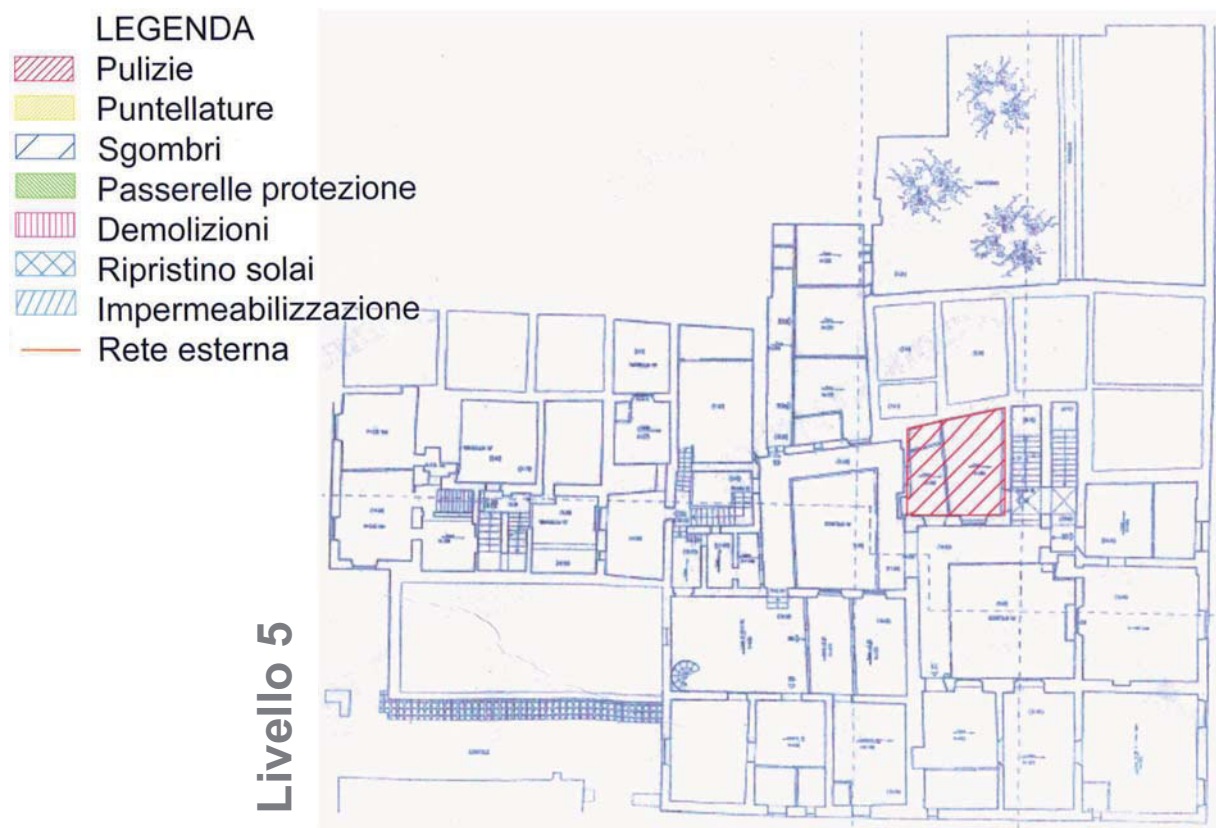
Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"



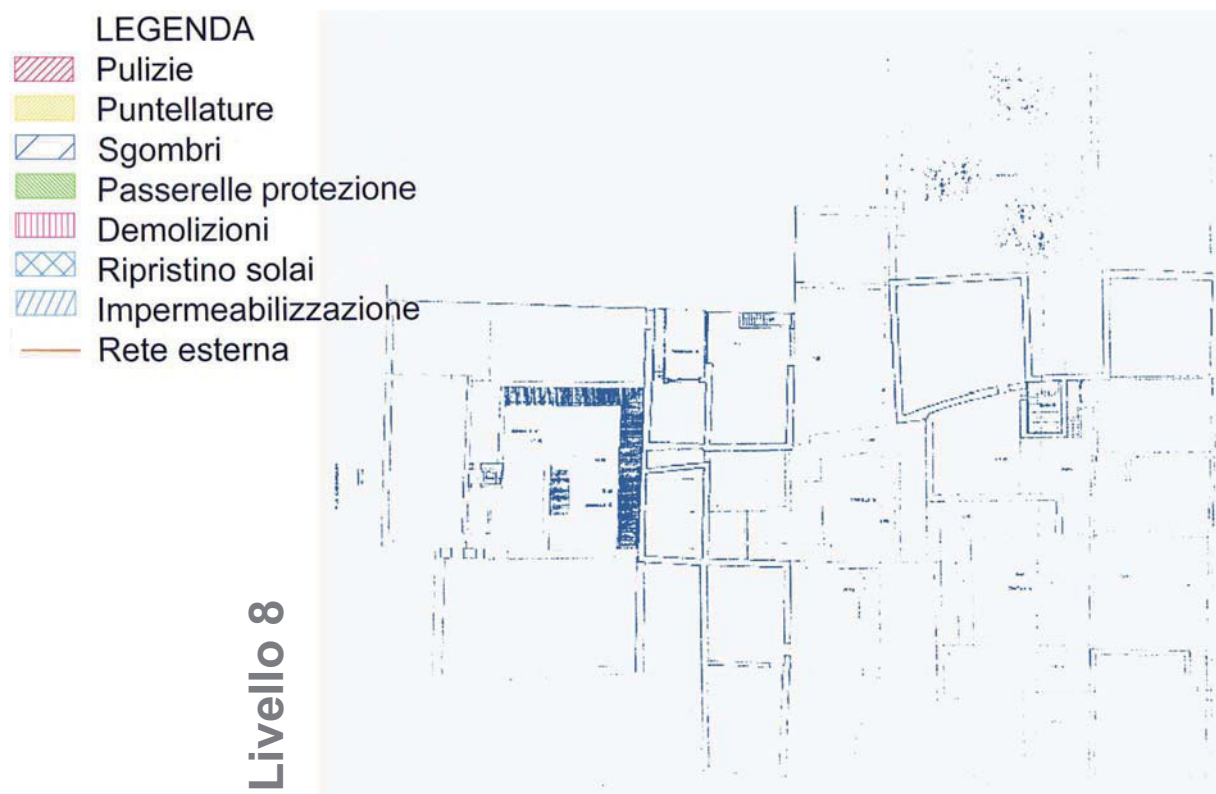
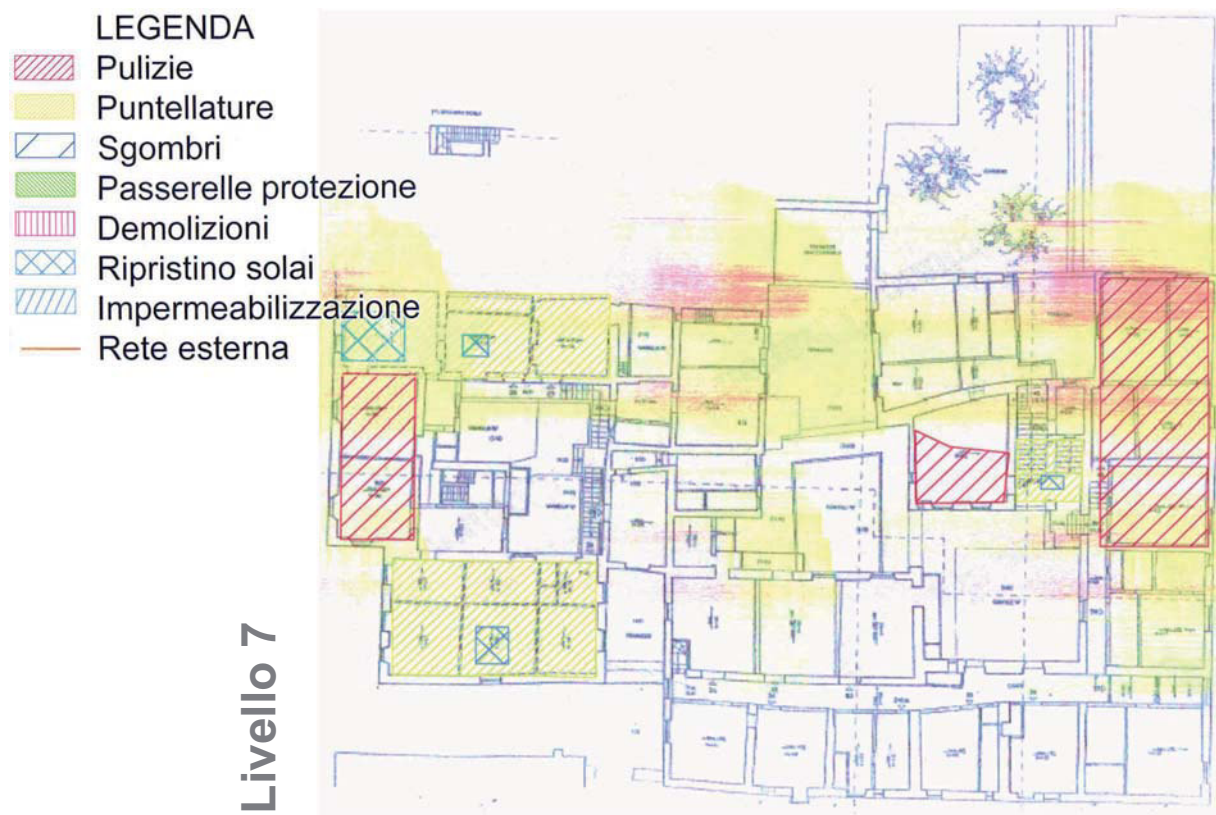
Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"



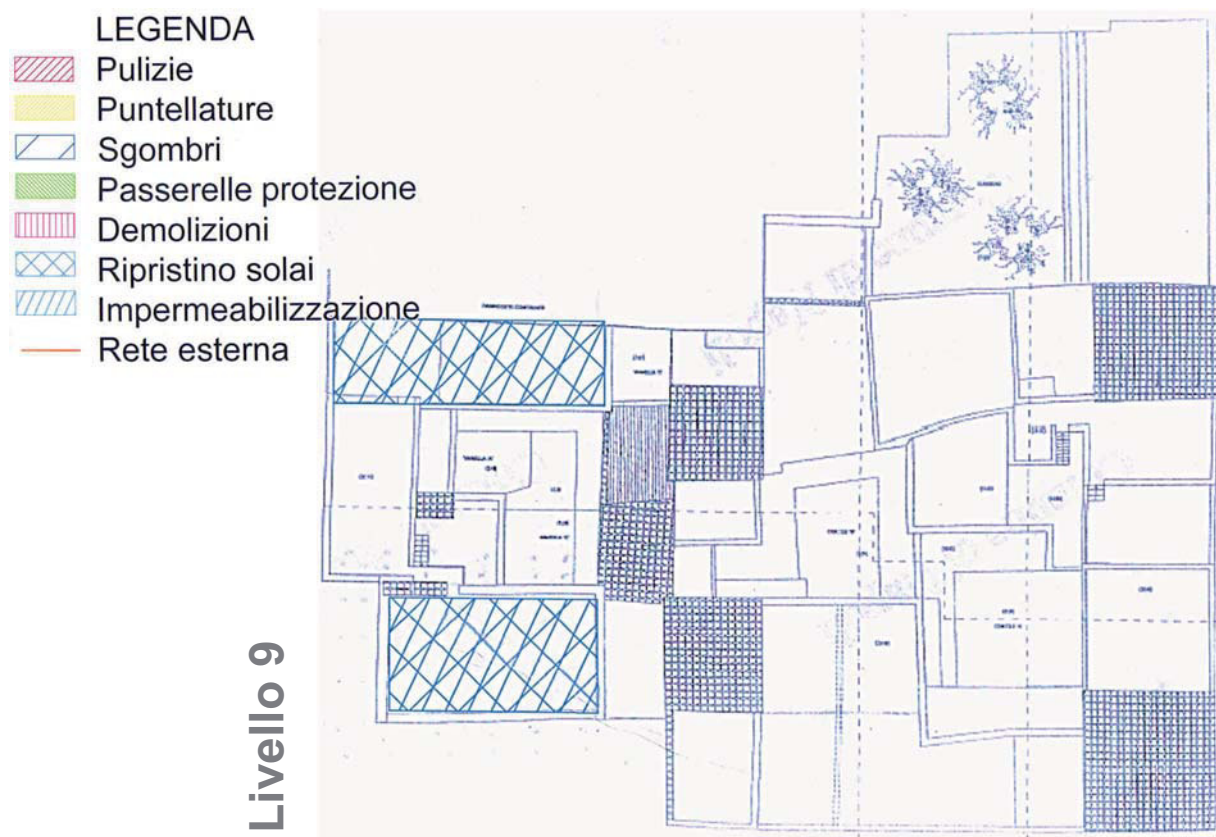
Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"



Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"



Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"



Si precisa infine che non sono state fornite, relativamente a detta fase di messa in sicurezza urgente, le specifiche progettuali ed esecutive in merito agli interventi effettuati, per cui la stessa è stata debitamente presa in considerazione, mediante l'esclusione delle lavorazioni che potevano sovrapporsi a quelle ipotizzabili nel progetto in parola, prevedendo nella messa in sicurezza definitiva solo le attività strettamente necessarie, ma che comunque richiedono una valutazione del livello di sicurezza finale.

3. Descrizione del progetto di intervento strutturale

La Filosofia predominante dell'intervento segue il principio di rispettare le preesistenze per addivenire ad un restauro conservativo finalizzato al pieno rispetto della costruzione nella fisionomia consegnataci dalle diverse vicende storico-costruttive che si sono susseguite.

Si sono privilegiati interventi mirati alla riscoperta di spazi ed espressioni architettoniche obliterate e sviliti dalla becera e casuale sovrapposizione di sovrastrutture che debbono essere considerate superfetazioni, destinate quindi dalla rimozione controllata.

I più eclatanti esempi di tali inammissibili interventi sono costituiti dalle verande metalliche realizzate ai livelli più alti verso gli affacci interni, oltreché dai soppalchi a mezza altezza che caratterizzano la maggior parte dei volumi al pian terreno prospicienti a vico Giganti. Numerosi altri interventi realizzati nel tempo con poca cura (piccoli soppalchi, apertura di vani in breccia, tramezzatura di vani voltati, ecc.) svislano l'espressione architettonica che originariamente aveva un discreto pregio.

Medesima incuria si verifica negli interventi che hanno interessato le strutture murarie che, in conseguenza di esse e a seguito delle sollecitazioni sismiche, hanno comportato un diffuso lesionamento con quadro fessurativo piuttosto complesso.

Gli interventi di restauro di cui al presente progetto tendono alla reintegrazione del linguaggio architettonico svilito dai detti trascorsi interventi e alla ricostituzione dell'integrità fisica delle strutture murarie; gli interventi necessari alla rifunzionalizzazione del complesso sono stati previsti con interventi leggeri e reversibili, oltreché limitati ai soli elementi strutturali interessati, riconducendo alla sostituzione solo quelli strettamente necessari al perseguimento degli standard di sicurezza statica normativi.

3.1. Proposta funzionale

Il Programma Grande Progetto ha fornito indirizzi circa le funzioni dei diversi complessi monumentali che rientrano nel Programma affinché, attraverso una sinergia di interventi di restauro degli immobili maggiormente rappresentativi o sotto utilizzati, con l'individuazione di attività e funzioni culturali e produttive idonee per ciascun immobile e corrette politiche di gestione, si realizzasse quel processo virtuoso "moltiplicativo" delle risorse, stimolando l'iniziativa imprenditoriale e attirando ulteriori investimenti nel centro storico, sia pubblici che privati.

In tal senso gli indirizzi forniti per il complesso della Scorziata sono di ospitare funzioni assistenziali che favoriscano i tempi di conciliazione (abitazioni specialistiche, abitazioni collettive, centri culturali, asili, associazionismo al femminile, ecc.). Tali indicazioni sono congruenti con quanto definito dalle norme di attuazione della Variante al P.R.G. di Napoli, parte seconda, che disciplina anche le destinazioni d'uso degli immobili in funzione della tipologia degli stessi.

Il complesso della Scorziata è classificato come "unità edilizia di base pre-ottocentesca originaria o di ristrutturazione a corte" art.64. Le destinazioni d'uso individuate dalle norme attuative della Variante al P.R.G., sono: abitazioni ordinarie, abitazioni specialistiche, abitazioni collettive, strutture associative, uffici privati e studi professionali, attrezzature di interesse comune, uffici pubblici, e centri culturali.

Il progetto ha individuato funzioni congruenti con le indicazioni fornite dal Programma "Centro storico di Napoli, valorizzazione del sito UNESCO" e dalla Variante al P.R.G., in particolare è stata considerata la tipologia del fabbricato individuando due aree con caratteri omogenei, il lotto A, con accesso su vico Cinquesanti e il lotto B, con accesso su vico dei Giganti.

Per ciascuno di queste aree sono state individuate le funzioni più idonee e compatibili con la configurazione degli spazi e i collegamenti verticali di ciascuna unità.

Lotto A: Quest'area del complesso è caratterizzata da spazi di limitate dimensioni, in un susseguirsi di atri, ballatoi, scale diverse e sempre a volta, in molti casi a servizio di una sola unità edilizia formata da due, tre maglie strutturali. Il primo livello del corpo di fabbrica prospettante su vico Cinquesanti e la chiesa della Presentazione di Maria al Tempio, hanno spazi strettamente interconnessi, per la presenza della canonica e di altri locali che precedentemente erano di servizio alla chiesa. Al livello superiore la stretta interrelazione tra la chiesa e l'ex ritiro è evidenziata dalla presenza di un lungo camminamento che prospetta all'interno della unica navata.

Il progetto preliminare ha cercato di tenere conto delle particolari connotazioni architettoniche del complesso, delle strette interconnessioni tra gli spazi, della difficoltà di superamento delle barriere architettoniche in tutti gli ambienti, e al tempo stesso delle opportunità date dalla presenza di un doppio accesso da vico Cinquesanti, il primo con il sistema androne e scala, ma non a quota strada e l'altro, attiguo alla chiesa, con antistante un cortiletto e quasi in quota con il primo livello.

È stato ipotizzato che la chiesa diventi il fulcro di un'attività espositiva-ricettiva, con una estensione di tali funzioni agli spazi attigui e strettamente connessi alla chiesa stessa, e che le unità poste ai piani superiori ospitino dei laboratori per le arti contemporanee. Tale istituzione potrebbe svolgere diverse e molteplici attività e funzioni, secondo quattro direttrici: la documentazione, la formazione, la produzione e la diffusione delle esperienze.

Lotto B: Le dimensioni delle maglie strutturali, la più lineare connotazione del sistema distributivo, la posizione più defilata rispetto all'asse di via Tribunali, fanno ipotizzare idonea ai piani superiori la realizzazione di alloggi temporanei per l'accoglienza di studenti stranieri, studiosi, artisti.

Al piano terra su vicoletto della Scorziata e vico Giganti sono previsti spazi di aggregazione e servizi per il quartiere. L'intervento, perseguirà gli obiettivi di contenimento energetico anche con l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili e a basso impatto ambientale definiscono le utilizzazioni compatibili con la tipologia dell'immobile.

La realizzazione dell'opera sarà mirata, tra l'altro, al rispetto dei principi di minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo utilizzo di quelle rinnovabili; sarà valutato il criterio della massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni dell'intervento nel tempo.

La realizzazione dell'opera avrà come fine fondamentale la realizzazione di un intervento di qualità, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici e i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione.

4. Indagini Conoscitive

La conoscenza del complesso l'edilizio storico monumentale del Tempio della Scorziata, nella progettazione fornita a base di gara, è stata conseguita in assenza di un adeguata campagna di indagini, ovvero è stata limitata ai rilievi geometrici, per cui nella fase progettuale definitiva si è dato corso ad una serie ricerche storiche, data l'impossibilità di procedere alle indagini sperimentali/strumentali per l'inagibilità della fabbrica, le stesse però sono state ritenute indispensabili per garantire il livello di conoscenza adeguato alle attività, per cui sono state rinviate alla successiva fase esecutiva un'ulteriore serie di esami conoscitivi e quindi una seconda fase di studio da realizzarsi previa messa in sicurezza dell'intero aggregato.

Le valutazioni eseguite sono state basate su esami non distruttivi, data la succitata impossibilità, pur avendo inizialmente previsto una campagna di indagini idonea ma al contempo di contenuta invasività. Pertanto in ragione del grado di conoscenza perseguito, è stato definito il minimo livello di conoscenza possibile, pur garantendo gli standard qualitativi richiesti dalle vigenti normative per la definizione del fattore di confidenza, così come indicato al §8.5.4 delle NTC e sulla base delle indicazioni di cui al §C8A.1.A, oltre che delle tabelle C8A.1.1 della Circolare Esplicativa delle NTC n°617/C.S.LL.PP..

Il sistema strutturale oggetto di intervento è stato interessato da una campagna di rilevamenti, finalizzata al riscontro delle informazioni contenute nei documenti progettuali, ed all'individuazione delle caratteristiche dei materiali costitutivi, nelle condizioni odierne e quindi con il degrado per vetustà e l'eventuale deterioramento degli stessi, a prescindere dai fenomeni di ammaloramento locali riconducibili ad infiltrazioni e/o ad altri danneggiamenti circoscritti a più o meno piccole parti della costruzione in esame, **attraverso un sopralluogo parziale del complesso.**

Quindi sulla scorta degli accertamenti e dei rilievi compiuti è stato possibile caratterizzare il fabbricato in oggetto da un punto di vista meramente geometrico e tecnologico, ma non in termini di capacità delle strutture fisico-meccaniche, così come sarebbe stato opportuno.

Il rilievo strutturale pervenutoci ha interessato tutti gli elementi principali dell'edificio. Sono stati catalogati buona parte degli elementi strutturali individuabili e corredati dalle caratteristiche dimensionali, classificati per tipologia, così come si può riscontrare dalle tavole del rilievo posto a base di gara.

Rinviando quindi agli elaborati tecnici di cui il progetto a base di gara si compone, si riassumono brevemente le risultanze di studio:

- la struttura in muratura portante è ascrivibile ad una tipologia di riferimento, secondo le indicazioni di cui al §7.8.1.3 delle NTC 2008, a **strutture in muratura ordinaria a due o più piani**;
- la **struttura** risulta essere **non regolare sia in pianta che in elevazione**, ai sensi del §7.2.2 delle NTC, fermo restando che le definizioni normative nel caso in esame risultano essere relativamente significative in ragione dell'analisi adottata per le verifiche di vulnerabilità;
- la **costruzione non presenta giunzioni** all'interno del sistema strutturale, pur presentando il complesso in parola delle dimensioni non trascurabili e un'articolazione molto spinta;
- la struttura per proprie caratteristiche va associata ad un **comportamento strutturale di tipo dissipativo**, con una **classe di duttilità di tipo "bassa"**, non potendo incidere sui dettagli costruttivi, essendo l'opera già realizzata e non modificabile in tal senso, anche se detta considerazione risulta essere relativamente significativa per le ragioni di cui sopra;

- la tessitura muraria che contraddistingue la costruzione, a prescindere dalla presenza in proporzioni non rilevanti di un'ulteriore tipologia di muratura, secondo la classificazione proposta dalla Circolare Esplicativa delle NTC n° 617/C.S.LL.PP. nella tabella C8A.2.1 è la IV tipologia, ovvero la **muratura di conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)**, dato questo ampiamente documentato dalle numerose prove eseguite;
- la **resistenza meccanica a compressione f_m** della tipologia di muratura di riferimento, calcolata sulla media dei risultati delle prove con martinetti piatti doppi, è pari a circa **1.9 MPa**, così come dalle medesime prove si evince che il **modulo di elasticità normale E** è abbastanza alto per cui lo si assume cautelativamente pari a **1080 MPa**, mentre per la definizione degli altri tre parametri caratteristici della muratura, in assenza di dati sperimentali (non essendo gli stessi forniti dalla suddetta tipologia di prove), si opta per l'utilizzo del valore più basso del range caratteristico della tipologia muraria per l'individuazione della **resistenza media a taglio τ_o** , che quindi è assunto pari a **0.035 MPa**, così come si caratterizza il valore del **modulo di elasticità tangenziale G** con la teoria dell'elasticità, mediante il modulo di Poisson, per cui si ricava un parametro pari a **360 MPa**, ed infine si definisce, a vantaggio di sicurezza, il **peso specifico γ** mediante la succitata tabella, pari a **16 kN/m³**, pur avendo riscontrato mediante le prove per la determinazione del peso di volume un valore sensibilmente più basso;
- la **malta**, costituente la muratura in oggetto, è del **tipo pozzolanica**;
- gli **orizzontamenti** composti ed articolati come precedentemente indicato, risultano essere suddivisi in più tipologie e all'interno delle stesse in più classi e possibilità di realizzazione, anche se si riscontra quale elemento comune, alla maggior parte degli stessi, l'assenza di una soletta superiore di ripartizione o comunque di qualsiasi altro accorgimento costruttivo capace di garantire un comportamento a diaframma rigido nel proprio piano degli stessi, deficienza strutturale quest'ultima particolarmente rilevante per il funzionamento delle strutture in muratura portante, fermo restando l'utilità del piano rigido per tutte le tipologie di strutture sismo-resistenti, in virtù della necessità di ripartire tra tutti gli elementi portanti verticali le azioni orizzontali, anche se nello specifico detto tipo di risposta non sembra essere garantita da nessuno degli elementi portanti orizzontali, a meno delle volte in muratura, che non tanto per reali capacità di assolvimento della funzione deputata, quanto più per una questione di rapporto tra le rigidezze torsionali delle volte rispetto a quelle dei solai presenti all'interno del sistema, per cui è possibile ipotizzare una differenziazione comportamentale tra queste due categorie di soluzioni presenti, anche se in realtà in assenza di un buon ammorsamento e trovandosi gli stessi in corrispondenza della sommità dei maschi murari, si ovvia adottando anche per questa tipologia di impalcato un comportamento non rigido nel proprio piano;
- gli **ammorsamenti** murari tra elementi verticali si presumono di buona qualità, sintomatici di una buona tecnica realizzativa, anche se chiaramente detta assunzione è riferita alla tipologia di impianto murario ed all'epoca di edificazione piuttosto che alle risultanze di indagine, discorso differente invece per quanto riguarda la connessione tra elementi portanti verticali ed orizzontali, e più specificatamente i solai, in quanto in questa seconda combinazione si rileva un andamento assolutamente scadente, con l'assenza sistematica di cordoli o di incatenamenti trasversali, per cui le travi che realizzano gli impalcati piani sono ammorsate unicamente per la profondità necessaria a garantire l'appoggio alle stesse, senza alcun ritegno anti sfilamento e con diverse situazioni in cui si rilevano, in corrispondenza di detti agganci delle travi, anche fenomeni di

lesionamento locale, verosimilmente riconducibili a plasticizzazioni locali nella muratura dovute a rottura per schiacciamento della stessa, oltre agli innumerevoli casi di sfilamento e di crolli.

Il livello di conoscenza raggiunto nella precedente fase progettuale, di valutazione del grado di vulnerabilità dell'opera, è **LC1: Livello di conoscenza limitato**, alla quale risulta associato un **Fattore di Confidenza pari a 1.35**, ai sensi delle vigenti normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, di cui al D.M. Infrastrutture del 14 gennaio 2008.

La caratterizzazione strutturale del sistema è stata correttamente integrata da un'ulteriore serie di studi inerenti le caratteristiche geologiche e stratigrafiche del sito, fornendo un adeguato quadro di insieme del sito, e nello specifico la campagna di indagini geognostiche e geofisiche è costituita da:

- rilievo geologico e morfologico;
- sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con annesse prove in foro S.P.T. e con prelievo di campioni indisturbati da sottoporre a prove geotecniche in laboratorio, per la definizione della natura e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione;
- rilievo idrogeologico dell'andamento della falda, essendo la stessa, in sito, molto superficiale;

dette indagini sono state ubicate a ridosso ed all'interno del manufatto oggetto di intervento. Affiancando a dette attività lo studio della bibliografia disponibile e degli studi geologici per l'area in oggetto, si ottiene il quadro globale delle informazioni, con i risultati ottenuti così riassumibili:

- I terreni costituenti il litotipo prevalente, è caratterizzato da depositi detritico vulcanico e alluvionali di sabbia con intercalazioni di limi, i cui parametri geotecnici sono evidenziati nella specifica relazione specialistica;
- Il sottosuolo è tale cioè da poter classificare il suolo di fondazione alla categoria **C: "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)";**
- Relativamente alle condizioni topografiche il sito d'interesse è classificato in categoria **T1: "Superfici pianeggianti, pendii e rilevati isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ";**
- La quota superiore della falda superficiale, arriva al limite di appena 1.8 m di profondità.

Sulla base quindi delle risultanze di indagine si è proceduto alla progettazione.

5. Struttura e Modellazione

La destinazione del fabbricato, ovvero ad uso pubblico (attività museale), impone l'attribuzione allo stesso della **Classe d'Uso III**, ovvero quello per ***"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 d'emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso"***.

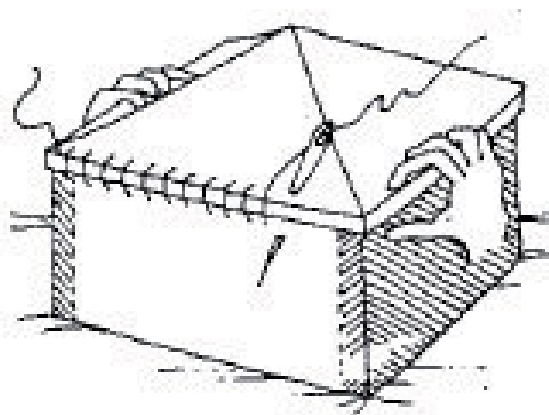
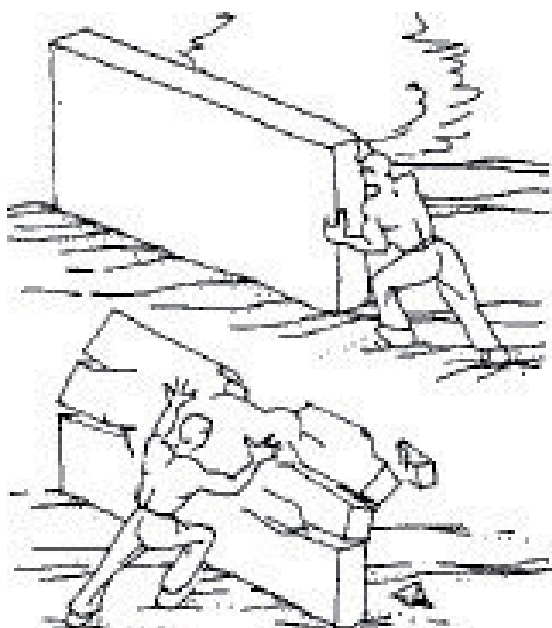
La destinazione d'uso del manufatto pone in essere la necessità di schematizzare le soluzioni costruttive riscontrate, mediante idonee modellazioni atte a soddisfare l'esigenza di elaborare i calcoli con il minor grado possibile di approssimazione, onde evitare di introdurre nelle valutazioni un ulteriore livello di indeterminazione dei risultati che si andrebbe a sommare a quello associato alla natura della costruzione, introdotto tramite l'individuazione del livello di conoscenza (sia pur questo molto spinto) e l'applicazione del fattore di confidenza ai parametri meccanici caratteristici.

Le restrizioni imposte per le verifiche di sicurezza previste per edifici destinati a funzioni pubbliche (nel caso specifico non strategiche), ovvero il superamento delle verifiche agli stati limiti di salvaguardia della vita, oltre alla riduzione dei limiti di deformabilità interpiano agli stati limite di esercizio, che in questo caso prevedono la doppia componente di verifica, ovvero all'operatività oltre che al danno, richiedono quindi una perfetta definizione del comportamento concettuale della struttura e delle sollecitazioni agenti sulla stessa.

Nel caso specifico di un edificio monumentale soggetto a vincolo di tutela da parte della Soprintendenza dei Beni Culturali, qual è l'opera oggetto di intervento, alle succitate prescrizioni, di carattere normativo ordinario, si sommano le restrizioni imposte dalle Linee Guida per la Valutazione e la Riduzione del Rischio Sismico del Patrimonio Culturale, emanate dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali sulla base della direttiva approvata dall'Assemblea Generale del C.S.LL.PP. con protocollo n°92 del 23 luglio 2010, così come già indicato in premessa.

La succitata destinazione d'uso del manufatto pone in essere la necessità di riscontrare che le soluzioni costruttive risultino idonee a soddisfare le restrizioni imposte per le verifiche di sicurezza previste per edifici di importanza non strategica, ovvero il superamento delle verifiche agli stati limiti di salvaguardia della vita e quelli di danneggiamento.

Il **comportamento concettuale** atteso, ovvero quello idealmente associabile a questa tipologia strutturale, si fonda sulla consapevolezza che la resistenza dei muri a forze agenti nel piano del paramento murario è molto maggiore rispetto a quella rispetto a forze agenti ortogonalmente al piano, e quindi è maggiore la loro efficacia come elementi di controventamento, ne consegue la **concezione strutturale a "sistema scatolare"**.



L'edificio in muratura deve essere concepito e realizzato come un assemblaggio tridimensionale di muri e orizzontamenti, garantendo il funzionamento scatolare, e conferendo quindi l'opportuna stabilità e robustezza all'insieme. Un edificio in muratura è quindi una struttura complessa, ove tutti gli elementi cooperano nel resistere ai carichi applicati.

Data la complessità del comportamento reale di tali strutture, il progetto e l'analisi strutturale richiedono spesso l'introduzione di notevoli semplificazioni. Un criterio frequentemente seguito è quello di considerare l'edificio come una serie di elementi "indipendenti" opportunamente assemblati:

- muri che svolgono una funzione portante e/o di controventamento;
- orizzontamenti sufficientemente rigidi e resistenti per ripartire le azioni tra i muri di controventamento (azione di diaframma).

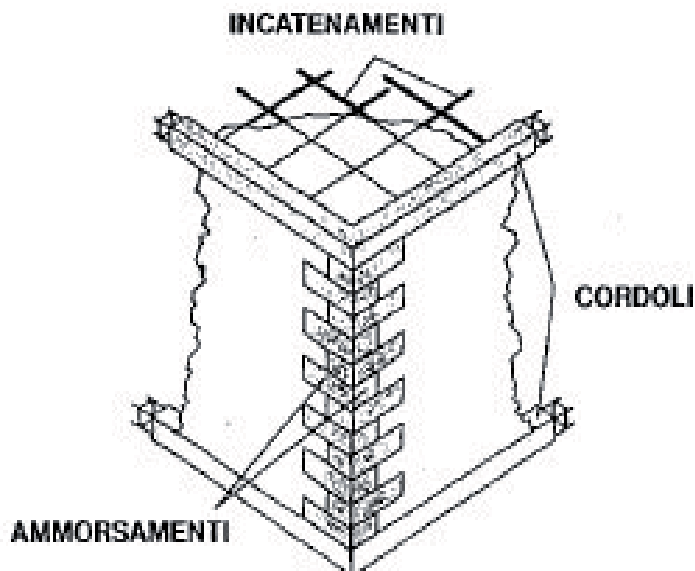
detto tipo di approccio comporta quale conseguenza diretta che:

- I muri portanti fungono da controvento in direzione parallela alla lunghezza, in modo tanto più efficace quanto più sono lunghi in pianta;
- La stabilità alle azioni orizzontali impone che i pannelli murari siano disposti secondo almeno due direzioni ortogonali;
- La capacità dei muri di resistere alle azioni orizzontali è favorevolmente influenzata dalla presenza di *forze verticali stabilizzanti* (in particolare per i muri non armati).

Si riconosce quindi che lo schema cellulare, in cui tutti i muri strutturali hanno funzione portante e di controventamento, è quello più efficiente dal punto di vista statico, e che meglio realizza un effettivo comportamento di tipo "scatolare". Questo concetto è ripreso dalle normative, specificando che per quanto possibile tutti i muri devono avere funzione portante e di controventamento. È possibile quindi sulla base del comportamento concettuale richiesto alla tipologia di struttura individuare una serie di requisiti fondamentali per il verificarsi della risposta strutturale richiesta, e nello specifico si possono

riassumere essenzialmente nel vincolo per: i muri portanti, i muri di controventamento e i solai di un efficace collegamento tra gli stessi. Tale connessione può essere effettuato mediante cordoli continui in cemento armato lungo tutti i muri, all'altezza dei solai di piano e di copertura.

I muri paralleli della scatola muraria devono essere collegati fra loro ai livelli dei solai da incatenamenti metallici ad essi ortogonali, efficacemente ancorati ai cordoli, mentre la funzione degli incatenamenti ortogonali all'orditura dei solai unidirezionali è principalmente quella di costituire un ulteriore vincolo all'inflessione fuori dal piano dei muri quando questi non siano già caricati e quindi vincolati da un solaio di adeguata rigidezza. I muri ortogonali fra loro devono essere efficacemente ammortati tra loro lungo le intersezioni verticali, mediante una opportuna disposizione degli elementi.



Il buon ammortamento tra i muri tra l'altro tende a realizzare una maggiore redistribuzione dei carichi verticali fra i muri fra loro ortogonali anche nel caso di solai ad orditura prevalente in una direzione. Inoltre è necessario che i muri rispettino degli spessori minimi, per non inficiare le ipotesi di calcolo che verranno esposte più avanti. In generale, una buona concezione strutturale ed una corretta realizzazione dei dettagli strutturali (la cosiddetta "regola d'arte") garantisce un comportamento strutturale soddisfacente nella maggior parte dei casi.

Questo principio giustifica la sostanziale stabilità di strutture costruite nel passato, ben prima che esistessero i moderni modelli analitici dell'ingegneria strutturale. Ciò è riconosciuto dalle normative, che nel caso di edifici con particolari caratteristiche di regolarità geometrica, di altezza massima e di sezione muraria complessiva, e nel rispetto di alcune regole costruttive, consentono di applicare regole di verifica estremamente semplificate, omettendo di fatto l'analisi strutturale (regole per "edifici semplici").

Lo **schema funzionale** elaborato dunque è quello di struttura in muratura, modellata come sistema a pannelli orditi lungo le due direttrici principali, nell'analisi statica non lineare, utilizzata per la determinazione degli indicatori di rischio sismico, e quindi del grado di sicurezza della struttura in ambito sismico, per cui la struttura tridimensionale sarà schematizzata con elementi bidimensionali, con un'analisi statica non lineare, idonea a fornire informazioni relativamente al comportamento dinamico della struttura, oltre a consentire di valutare gli indici di vulnerabilità sismica in maniera semplificata, necessari a caratterizzare il comportamento strutturale sotto sisma.

6. Valutazione delle azioni sismiche

La determinazione delle azioni sismiche è stata effettuata sulla base di quanto previsto al punto 3.2 del D.M. 14/01/2008. In particolare dette azioni sono valutate a partire dalla cosiddetta pericolosità di base del sito di costruzione, nella fattispecie le coordinate geodetiche 14,2585 di Longitudine e 40,8525 di Latitudine (nel sistema di riferimento European Datum 1950) nel centro storico del Comune di Napoli.

La pericolosità sismica è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, cui viene associato uno spettro di risposta elastico di accelerazioni ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a quattro prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R pari a 75 anni, come stabilito nella documentazione di gara.

Si ritiene utile rammentare che, per la verifica di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite da considerare sono quelli riportati e descritti al punto 3.2.1 del D.M. 14/01/2008, ovvero:

Stati limite di esercizio (SLE):

- Stato limite di Operatività (SLO);
- Stato limite di Danno (SLD);

Stati limite ultimo (SLU):

- Stati limite di salvaguardia della Vita (SLV);
- Stati limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le probabilità di superamento P_{VR} sono funzione dello stato limite e sono desumibili dalla Tabella 3.2.I, che si riporta per convenienza.

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%

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

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Le azioni di progetto si ricavano, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

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

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile ed attribuendo a:

a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;

F_o e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione previste dalla norma scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali sono altresì funzione degli stati limite e quindi delle probabilità di superamento P_{VR} riportate in Tabella 3.2.I, oltre che della vita di riferimento V_R che per la struttura in esame è pari a 75 anni, come stabilito nel paragrafo precedente. La pericolosità sismica è espressa nell'Allegato B alle NTC 08 in funzione del periodo di ritorno T_R dell'azione sismica, espresso in anni. Detto periodo di ritorno si può ricavare dalla seguente relazione, in funzione della vita di riferimento V_R (pari a 75 anni, nel caso in esame) e della probabilità di superamento P_{VR} riportata per ciascuno stato limite in Tabella 3.2.I:

$$T_R = -V_R / \log(1 - P_{VR})$$

Si riassumono nella seguente tabella i valori di T_R calcolati per il caso in esame.

STATI LIMITE		V_R (anni)	P_{VR} (percentuale)	T_R (anni)
STATI LIMITE DI ESERCIZIO	SLO	75	81	45
	SLD		63	75
STATI LIMITE ULTIMI	SLV		10	712
	SLC		5	1462

Valori di V_R , P_{VR} e T_R per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento riportata nell'Allegato B del D.M. 14/01/2008 non contempla tutti i periodi di ritorno T_R corrispondenti alla V_R e P_{VR} relativi la struttura in esame e riportati in Tabella 2, ovvero 45, 75, 712 e 1462 anni. Infatti i valori di riferimento forniti nel citato Allegato B sono relativi ai seguenti 9 valori di T_R : 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni.

In tal caso, il valore del generico parametro p (a_g , F_o e T_c^*) corrispondente ai T_R può essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando la seguente relazione:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (nella fattispecie a_g , F_o e T_c^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato. I valori T_{R1} e T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p . I valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nell'Allegato B. Nel caso in esame il sito di costruzione è geograficamente individuato con Longitudine 14,2585 – Latitudine: 40,8525. I valori delle predette coordinate non corrispondono ad alcun nodo del reticolo di riferimento.

Si ha quindi che nel caso in esame i valori dei parametri p (a_g , F_o e T_c^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento (nodi identificati nell'Allegato B del D.M. 14/01/2008 come 32978, 32979, 33200 e 33201, vedi anche Tabella 3) in cui ricade il punto corrispondente al sito di costruzione considerato.

Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"

Si utilizzano come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro nodi di vertice, attraverso la relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame (ovvero a_g , F_o e T_c^*); p_i è il valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

ID	LON	LAT
32978	14.218	40.883
32979	14.284	40.882
33200	14.217	40.833
33201	14.283	40.832

Coordinate dei nodi del reticolo di riferimento
(Vedi anche Allegato B del D.M. 14/01/2008)

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
14,25850

LATITUDINE
40,85250

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Campania

PROVINCIA
Napoli

COMUNE
Napoli

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo
 ☐ Interpolazione su 3 nodi
 ☐ Interpolazione corretta

Interpolazione
media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Utilizzando le precedenti espressioni si ha che la pericolosità sismica di base del sito di costruzione in esame è caratterizzata dai valori riportati nella seguente tabella.

STATO LIMITE	P_{VR} (%)	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (sec)
SLO	81	45	0.056	2.337	0.306
SLD	63	75	0.074	2.324	0.322
SLV	10	475	0.192	2.411	0.340
SLC	5	1462	0.240	2.496	0.342

6.1. Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche:

La categoria di **sottosuolo** del sito di costruzione può essere classificata sulla base del valore della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30m di profondità. Essa è assimilata, a vantaggio di sicurezza, al sottosuolo **tipo B** (Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008) ovvero **depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).**

La categoria **topografica** del sito di costruzione è assimilabile a quella denominata **T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$)** della Tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/2008 e quindi utilizzando i valori in Tabella 3.2.VI si ha che il **coefficiente di amplificazione topografica S_T** è pari a 1.

6.2. Spettri di Risposta Elastico in Accelerazioni della Componente Orizzontale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

L'espressione dello spettro di risposta elastico $S_e(T)$ in accelerazione delle componenti orizzontali è data da:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

in cui **S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: **$S = S_s \cdot S_T$**

dove **S_s** è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e **S_T** il coefficiente di amplificazione topografica. Nel caso in esame **$S_T = 1.0$** (Tabella 3.2.VI NTC), mentre **S_s** si ricava per la categoria di sottosuolo tipo **B**, dall'espressione riportata in Tabella 3.2.V: $1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$

Nell'espressione dello spettro di risposta η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%: $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione. Nel caso in esame si assume che $\xi = 5\%$ e quindi $\eta = 1.00$, mentre si definiscono:

T_C periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo, espresso da (Tabella 3.2.VI):

$$C_C = 1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$$

T_B periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, che può calcolarsi come:

$$T_B = T_C/3$$

T_D periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante:

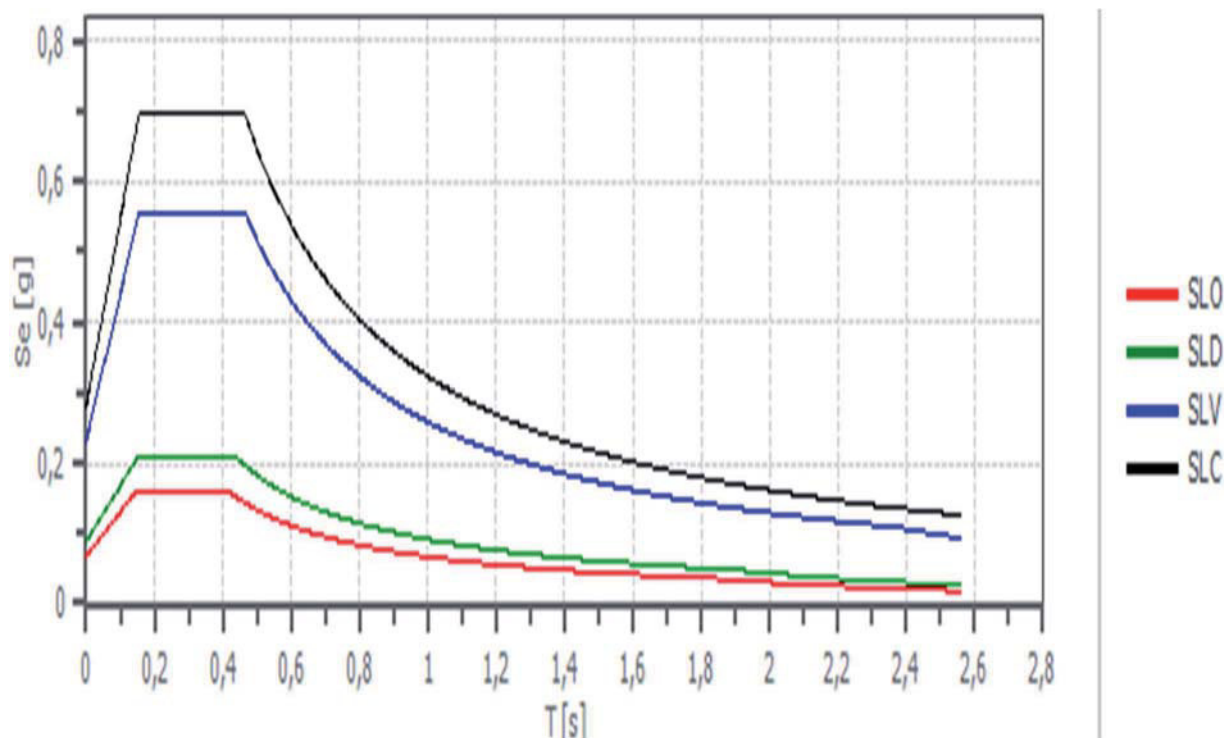
$$T_D = 4.0 \cdot a_g/g + 1.6$$

I valori dei parametri necessari per la definizione degli spettri di risposta elastica in accelerazione delle componenti orizzontali, per i quattro stati limite riportati in Tabella 3.2.I, sono qui riassunti:

Stato limite	P _{ver} (%)	T _R (anni)	a _g (g)	F _o (-)	T _C [*] (sec)	S	T _B (sec)	T _C (sec)	T _D (sec)
SLO	81	45	0.056	2.336	0.306	1.200	0.142	0.427	1.824
SLD	63	75	0.074	2.324	0.322	1.200	0.148	0.444	1.896
SLV	10	475	0.192	2.410	0.340	1.200	0.155	0.464	2.367
SLC	5	1462	0.240	2.495	0.342	1.161	0.155	0.466	2.560

Parametri per la caratterizzazione dell'azione sismica utilizzati ottenuti attraverso fogli di calcolo.

Gli spettri di risposta elastica espressi in termini di accelerazioni orizzontali sono riportati di seguito:



Spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali.

Sotto l'effetto delle azioni sismiche deve essere garantito il rispetto degli SLE e SLU. In virtù di quanto riportato al punto 7.1 del D.M. Infrastrutture 14/01/2008 si ha che il rispetto dei vari stati limite si considera soddisfatto:

- nei confronti di tutti gli SLE, qualora siano rispettate le verifiche relative agli SLO e SLD;
- nei confronti di tutti gli SLU, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nella Sezione 7 del D.M. 2008 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV.

Nel caso in esame, trattandosi di una costruzione di classe d'uso III, per gli elementi non strutturali e gli impianti, è richiesto il rispetto delle verifiche di sicurezza anche per lo SLO (*ovvero che a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi*).

Pertanto le verifiche svolte per i vari elementi strutturali previste sono:

- **allo SLU:**
 - Verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza;
 - Verifiche degli elementi strutturali in termini di duttilità e capacità di deformazione;
- **allo SLE:**
 - Verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza;
 - Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno e operatività agli elementi non strutturali.

7. Valutazione delle Azioni Non Sismiche

La seguente analisi dei carichi è stata condotta in accordo a quanto prescritto del D.M. Infrastrutture 14/01/2008 – Capitolo 3 (Azioni sulle costruzioni), ricalcando il progetto a base di gara.

7.1.Carichi Strutturali

I carichi strutturali sono stati ricavati, per le singole tipologie riscontrate e richiamate nel paragrafo relativo alle indagini conoscitive, condensando per piccole variazioni dimensionali le sotto distinzioni possibili, operando comunque a rigor di logica, oltre che a vantaggio di sicurezza.

7.2.Carichi Permanenti

I carichi permanenti associati e riportati in seguito sono riconducibili, per i vari impalcati piani, ai carichi caratteristici desunti dalle relazioni di caratterizzazione materica del sistema, oltre che dai grafici progettuali per quanto attiene alle soluzioni stratigrafiche di finitura ipotizzate nella configurazione post operam del fabbricato, ovvero alla presenza dei pacchetti completamente con un massetto, pavimentazione, all'incidenza (sia pur contenuta) delle tramezzature e degli impianti, oltre alla presenza dell'intonaco all'intradosso ed al pacchetto di impermeabilizzazione in copertura.

7.3.Carichi Accidentali

Le azioni accidentali risultano fornite inequivocabilmente dalle vigenti NTC, in funzione della destinazione d'uso dei vari livelli, sostanzialmente si considerano le azioni comparabili a quelle fornite dalle NTC al paragrafo 3.1.4, relativo alle azioni statiche riconducibili ai carichi variabili, e nello specifico nella modellazione prodotta si sono considerati quali carichi agenti quelli superficiali verticali uniformemente distribuiti associati alle categorie C ed H, della tabella 3.1.II della normativa, di seguito riportata, chiaramente l'individuazione delle categorie in questione risulta poi fondamentale per l'attribuzione dei giusti coefficienti combinatori nella definizione delle combinazioni di calcolo per il calcolo delle sollecitazioni.

7.4.Azione del Vento

Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici, dette azioni però su costruzioni di questo tipo risultano ininfluenti, o meglio generano delle sollecitazioni sugli elementi strutturali trascurabili in rapporto alla medesima tipologia tensioni prodotte sul sistema resistente dalle azioni sismiche, pertanto si ovvia alla definizione delle medesime.

Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"

7.5. Azione della Neve

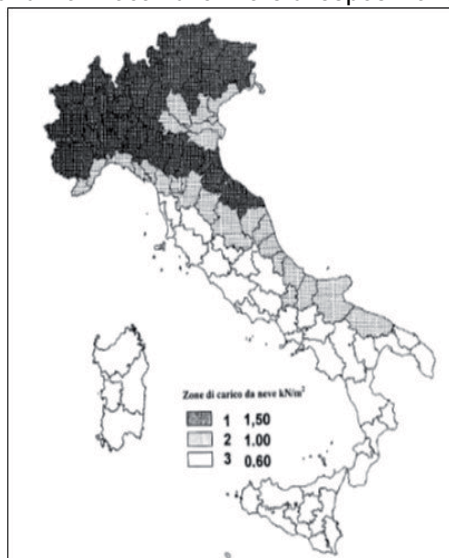
Le azioni agenti sulle strutture, riconducibili ai carichi da neve, vengono stimate, coerentemente con quanto sviluppato per le altre possibili tipologie di carichi esaminate per la progettazione preliminare delle opere in oggetto, in ottemperanza a quanto indicato nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni al capitolo 3. Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

dove:

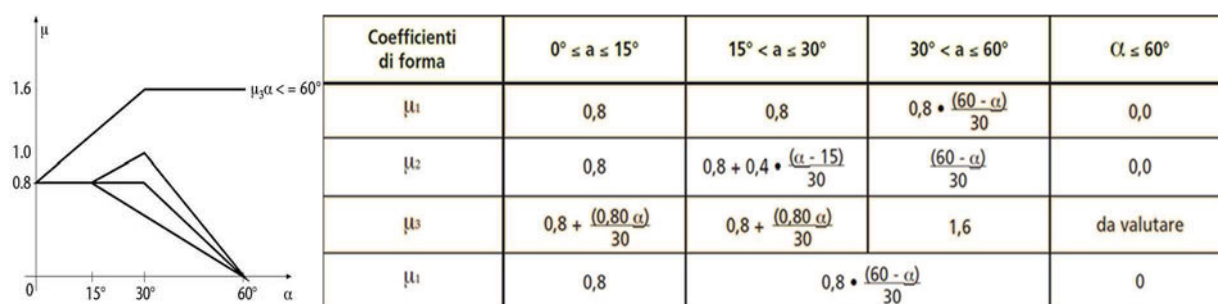
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo;
- C_e è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito. Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente. L'altitudine di riferimento a_s è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio. I valori caratteristici minimi del carico della neve al suolo sono quelli riportati.

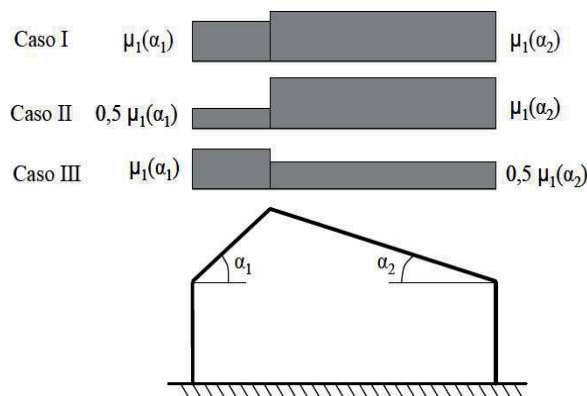


Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

Il coefficiente di forma μ_i si assume in via generale, per il carico neve, il valore indicato nominalmente per le coperture a una o più falde, essendo α , in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale. I coefficienti di forma μ_1 , μ_2 , μ_3 , μ_i si riferiscono alle coperture ad una o più falde, e sono da valutare in funzione di α come indicato ai punti che seguono.



Nel caso specifico si presentano coperture del tipo piano o lievemente inclinate, tutte riconducibili alla tipologia ad unica falda, per cui si assume che la neve non sia impedita di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre costruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α . Si considera la condizione riportata in figura, la quale deve essere utilizzata per entrambi i casi di carico con o senza vento.



Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella Tabella 3.4.I delle NTC. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$, nello specifico detta assunzione risulta coerente al sito.

Tabella 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di topografia

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene

conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura, In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

Pertanto considerato che l'area oggetto di studio ricade nella Zona III, per cui il valore caratteristico del carico neve al suolo q_{sk} è stato desunto dalla precedente tabella delle NTC:

$$q_{sk} = 60 \text{ daN/m}^2 \quad a_s < 200 \text{ m}$$

come da espressione 3.3.11 del NTC 14/01/2008, dove a_s intesa come altitudine di riferimento è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio, assunto il coefficiente di esposizione C_E pari ad 1.0, considerando in riferimento alla tabella 3.4.I, l'area oggetto di intervento ricadente nella classe topografica "Normale" (Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, né particolari accumuli a causa del terreno altre costruzioni o alberi più altri), a causa del terreno, altre costruzioni o alberi, infine con un valore del coefficiente termico C_t posto pari ad 1, in assenza dei presupposti normativi ad una caratterizzazione diversa dello stesso, per la determinazione del coefficiente di forma per la copertura μ_i , tenendo in debito conto che le superfici di copertura presentano le suindicate caratteristiche e risultano tutte inscritte nel range $0^\circ < \alpha < 30^\circ$, si ottiene il valore utilizzato per l'implementazione del carico neve:

$$q_s \cong 50 \text{ daN/m}^2$$

8. Condizioni e Combinazioni di Calcolo

Ai fini delle verifiche agli stati limite, le azioni elementari, definite successivamente, e le azioni sismiche, definite come sopra, vengono combinate secondo quanto previsto § 2.5.3 delle NTC e più specificatamente si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

- **Stati limite ultimi (SLU):**

- Combinazione fondamentale: $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$

- **Stati limite esercizio (SLE):**

- Combinazione caratteristica (rara): $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione frequente: $G_1 + G_2 + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione quasi permanente: $G_1 + G_2 + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

dove:

G_1 e G_2 sono i valori caratteristici delle azioni permanenti rispettivamente dovute al peso proprio degli elementi strutturali e quelli non strutturali;

Q_{k1} è il valore caratteristico dell'azione variabile di base;

Q_{ki} è il valore caratteristico dell'azione i-esima variabile;

γ_{G1} e γ_{G2} sono i coefficienti di combinazione dei carichi permanenti, relativi rispettivamente ai carichi strutturali e non strutturali;

γ_{Qi} sono i coefficienti di combinazione dei carichi variabili;

ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione che tengono conto della ridotta probabilità che tutte le azioni variabili possano agire contemporaneamente; tale coefficiente assume valore diverso a seconda della destinazione d'uso e della tipologia di azione.

Si definiscono inoltre le combinazioni relative alle altre azioni che interessano l'opera:

- Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$

dove:

ψ_{1j} coefficiente atto a definire i valori *delle* azioni assimilabili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori *quasi* permanenti delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Quest'ultima tipologia di combinazione è impiegata sia per gli SLU e gli SLE connessi all'azione sismica E , definita al capitolo precedente. Si osserva da subito che nelle combinazioni allo SLE si omettono quelle azioni variabili che forniscono un contributo favorevole nei confronti delle azioni. Infine, per correttezza, si osserva che il simbolo "+" nelle precedenti relazioni ha il significato di somma algebrica e quindi vuol dire "combinato con".

Affidamento dei servizi di architettura ed ingegneria per la **progettazione definitiva strutturale dell'intero intervento di cui al progetto generale, la progettazione definitiva edile e impiantistica dei lavori di lotto A**, il coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione dei lavori di lotto A, la direzione lavori e l'assistenza al collaudo dei lavori di lotto A, il coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori di lotto A, il tutto relativamente al complesso denominato **"Tempio della Scorziata. Recupero e rifunzionalizzazione"**, ricadente nell'ambito del Grande Progetto "Centro Storico di Napoli - Valorizzazione del Sito UNESCO"

I coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} sono riportati nella Tabella 2.6.I delle NTC:

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella dei Coefficienti parziali di sicurezza

Le azioni variabili Q_{kj} sono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} i cui valori sono riportati in Tabella 2.5.I delle NTC:

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

Tabella dei Coefficienti di combinazione

Le verifiche statiche (soli carichi gravitazionali) sono state eseguite nei riguardi degli stati limite di esercizio e degli stati limite ultimi, così come prescritto al punto 2.1 del D.M. Infrastrutture 14/01/2008. In particolare le azioni sull'edificio in esame sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle NTC.

Pertanto l'involuppo delle sollecitazioni massime per ogni elemento strutturale componente l'impianto strutturale di che trattasi, è stato determinato attraverso le combinazioni di carico riportate nell'allegato tabulato di calcolo, le stesse vengono raggruppate per famiglia di appartenenza tenendo conto della Classe d'Uso considerata. Quindi note le definizioni dei vari termini delle combinazioni e le sequenze combinatorie adottate, in conformità alle indicazioni normative, si rinvia ai tabulati di calcolo per la disamina di tutte le combinazioni sviluppate.

9. Individuazione degli interventi

Alla luce delle indagini di danno effettuate e dei risultati delle analisi ante-operam è stato possibile individuare una serie di interventi di ripristino e di rafforzamento della struttura portante del complesso in oggetto, da realizzarsi in un quadro funzionale complessivo atto a realizzare un globale miglioramento del comportamento strutturale in ambito sismico, riconducibile agli effetti del quadro complessivo degli interventi di rafforzamento locale.

Pertanto avendo eseguito un'analisi dello stato attuale del complesso e individuato, attraverso il capitolo dell'indagine conoscitiva, il complessivo quadro di danneggiamento e le principali deficienze strutturali che caratterizzano l'edificio, passiamo ad illustrare con maggior dettaglio gli interventi necessari da eseguire sulla struttura al fine di conseguire gli obiettivi posti in luce in premessa, precisando altresì che il **livello di valutazione** adottato per il miglioramento sismico proposto, coerentemente con le indicazioni delle Linee Guida per la Valutazione e la Riduzione del Rischio Sismico del Patrimonio Culturale, emanate dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali sulla base della direttiva approvata dall'Assemblea Generale del C.S.LL.PP. con protocollo n° 92 del 23 luglio 2010, è il livello assunto è il massimo possibile in questo contesto, ovvero **LV1**, così come dimostrano la limitata campagna di indagini conoscitive e il conseguente calcolo che si associano alla progettazione in parola.

Le opere, oggetto di valutazione e dimensionamento, sono inquadrabili, in base al paragrafo 8.4 della vigente Normativa Tecnica per le Costruzioni, come interventi di riparazione o interventi locali, ovvero che interessano solo alcuni elementi isolati e che comunque non comporta una variazione delle condizioni di sicurezza preesistenti, e nello specifico si tratta di un **intervento di rafforzamento locale**, così come definito § 8.4.3 delle succitate NTC, di cui si riporta il testo:

8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE: *In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.*

C8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE (Circolare applicativa n. 617 del 2 febbraio 2009): *Rientrano in questa tipologia tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidezza o di peso. Può rientrare in questa*

categoria anche la sostituzione di coperture e solai, solo a condizione che ciò non comporti una variazione significativa di rigidezza nel proprio piano, importante ai fini della ridistribuzione di forze orizzontali, né un aumento dei carichi verticali statici. Interventi di ripristino o rinforzo delle connessioni tra elementi strutturali diversi (ad esempio tra pareti murarie, tra pareti e travi o solai, anche attraverso l'introduzione di catene/tiranti) ricadono in questa categoria, in quanto comunque migliorano anche il comportamento globale della struttura, particolarmente rispetto alle azioni sismiche. Infine, interventi di variazione della configurazione di un elemento strutturale, attraverso la sua sostituzione o un rafforzamento localizzato (ad esempio l'apertura di un vano in una parete muraria, accompagnata da opportuni rinforzi) possono rientrare in questa categoria solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza e la capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali.

Nella scelta degli interventi di rafforzamento locale non si può, comunque, prescindere da un'analisi qualitativa complessiva delle caratteristiche delle parti strutturali e delle parti non strutturali pericolose, per impostare un progetto di riparazione e rafforzamento locale volto ad eliminare le carenze che possano compromettere un corretto comportamento d'insieme della struttura. L'analisi quantitativa, in tal caso, è finalizzata unicamente a definire l'incremento di resistenza o duttilità locale conseguita con l'intervento.

Pertanto potranno essere realizzati interventi di miglioramento sismico coerenti con le disposizioni del paragrafo 8.4.2 delle "Norme tecniche delle costruzioni" di cui al D.M. 14.01.08 e del par. C.8.4.2. della relativa circolare applicativa n. 617 del 2 febbraio 2009 recante "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", che recitano:

8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO: *Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate. È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1. Il progetto e la valutazione della sicurezza dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.*

C8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO (Circolare applicativa n.617 del 2 febbraio 2009): *La valutazione della sicurezza per un intervento di miglioramento è obbligatoria, come specificato nel § 8.3 delle NTC, ed è finalizzata a determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, cui la struttura può resistere con il grado di sicurezza richiesto. Nel caso di intervento di miglioramento sismico, la valutazione della sicurezza riguarderà, necessariamente, la struttura nel suo insieme, oltre che i possibili meccanismi locali. In generale ricadono in questa categoria tutti gli interventi che, non rientrando nella categoria dell'adeguamento, fanno variare significativamente la rigidezza, la*

resistenza e/o la duttilità dei singoli elementi o parti strutturali e/o introducono nuovi elementi strutturali, così che il comportamento strutturale locale o globale, particolarmente rispetto alle azioni sismiche, ne sia significativamente modificato. Ovviamente la variazione dovrà avvenire in senso migliorativo, ad esempio impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione, trasformando i meccanismi di collasso da fragili a duttili.

La ripetitività di alcuni meccanismi di collasso, ben testimoniata dalle risultanze dei rilievi di danno, e poco considerata nelle normative passate, richiede interventi mirati innanzitutto a eliminare quelle carenze originarie della progettazione (o "non progettazione" nel caso di edifici in muratura più vecchi) degli anni passati, che comunque pregiudicano e vanificano qualsiasi analisi strutturale accurata che non ne tenesse conto. Ci si riferisce, ad esempio, alle debolezze dei nodi trave-pilastro esterni nei telai in c.a., piuttosto che alla fragilità e allo scarso collegamento delle tamponature e delle partizioni in laterizio rispetto all'ossatura in c.a., oppure alla debolezza dei collegamenti delle pareti portanti nelle strutture in muratura, che facilitano l'innescare di meccanismi di ribaltamento.

Dunque, nella logica dell'approccio, si è volutamente scelto di privilegiare gli aspetti descrittivi degli interventi da eseguire, piuttosto che quelli computazionali relativi all'analisi della struttura nel suo complesso, in quanto l'eliminazione delle carenze costruttive tipiche rappresenta il presupposto necessario al conseguimento dei livelli di sicurezza desiderati. Oltre agli interventi sulle parti strutturali, sia di riparazione che di rafforzamento locale ai fini delle azioni sismiche e dei carichi di servizio, si esaminano anche quegli interventi sulle parti non strutturali, in particolare tamponature e tramezzature, che, per il loro peso e la loro posizione, possono determinare un pericolo non secondario per l'incolumità delle persone, anche nel caso in cui la struttura non subisca danni significativi.

Nella scelta degli interventi di rafforzamento locale non si può, comunque, prescindere da un'analisi qualitativa complessiva delle caratteristiche delle parti strutturali e delle parti non strutturali pericolose e del danneggiamento presente, per impostare un progetto di riparazione e rafforzamento locale volto ad eliminare o ridurre drasticamente le debolezze e le carenze che possano compromettere un corretto comportamento d'insieme della struttura.

L'analisi quantitativa, in tal caso, è finalizzata unicamente a definire l'incremento di resistenza o duttilità locale conseguita con l'intervento. Ovviamente, quando gli interventi di riparazione e rafforzamento locale realizzano un complessivo intervento di miglioramento sismico, così come è codificato nelle norme tecniche per le costruzioni, l'analisi quantitativa deve essere effettuata sull'intera struttura, per determinarne i livelli di sicurezza globale mediante calcoli strutturali.

Dall'analisi qualitativa delle carenze deve derivare un'attenta definizione concettuale degli interventi locali da effettuare, cui deve seguire la scelta della tecnologia più idonea, scelta che può derivare da

aspetti sia economici sia realizzativi, con riferimento alle caratteristiche geometriche degli elementi su cui occorre intervenire e di interazione con altri elementi costruttivi.

È però importante che il progettista riesca sempre a diagnosticare quali possano essere le cause di debolezza delle singole parti e individui o adatti alla situazione l'intervento e la tecnologia più idonea ad eliminarle o ridurle drasticamente.

Il comportamento sismico degli edifici in muratura viene normalmente riferito a due famiglie principali di meccanismi di danneggiamento e collasso, che impegnano le pareti murarie nel piano e fuori del loro piano rispettivamente. È ben noto che i meccanismi fuori del piano sono i più pericolosi, in quanto si innescano per forze sensibilmente inferiori e danno luogo a rotture fragili e pressoché istantanee. Infatti essi determinano il ribaltamento di intere pareti o di significative porzioni, determinando la perdita di appoggio dei solai e il crollo parziale o totale dell'edificio.

È anche ben noto che tali meccanismi sono favoriti, o meglio determinati, dalla scarsità o inadeguatezza dei collegamenti tra pareti ortogonali e tra pareti e solai. È dunque prioritario, laddove si ravvisassero situazioni di questo tipo, peraltro tipiche nei nostri centri storici sviluppatasi per aggregazione e sovrapposizione di interventi di ampliamento o saturazione, intervenire prioritariamente garantendo migliori collegamenti, ad esempio attraverso l'inserimento di tiranti opportunamente disposti, l'ancoraggio di travi di solaio alla muratura, l'irrobustimento della muratura nella zona di attacco con i solai, etc.

Puntualizziamo che per ciascuno degli interventi indicati avanti si procederà alla sua esposizione seguendo schema indicativo:

- Localizzazione – individuazione all' interno della organizzazione strutturale spaziale del manufatto dell'elemento su cui si interviene;
- Verifiche – verifiche numeriche sull'elemento rafforzato;
- Dettagli – esposizione grafico progettuale dell'intervento con relative modalità operative per realizzarlo.

Nello specifico si possono riassumere gli interventi, individuati come indispensabili al fine precedentemente indicato, nei seguenti:

- **Consolidamento strutturale delle murature con iniezioni diffuse di miscele leganti, riparazione delle lesioni, chiusura delle nicchie e rinforzo degli incroci murari attraverso ricostruzione parziale con scuci e cucì della tessitura con nuovi blocchi di tufo;**
- **Inserimento di cordolo sommitale in muratura armata, chiodato alla muratura esistente;**
- **Rinforzo dei solai in ferro e laterizio con realizzazione di soletta collaborante all'estradosso;**
- **Consolidamento delle volte in muratura con iniezioni di miscele leganti, sarcitura di lesioni, perneature con barre in acciaio e realizzazione di soletta in c.a. su riempimento alleggerito;**

- **Inserimento e/o sostituzione di catene metalliche;**
- **Consolidamento degli archi in muratura mediante perneature con barre in acciaio inox;**
- **Rinforzo delle strutture delle murature mediante inserimento di fasce in G-FRP;**
- **Sostituzione delle piattebande sulle aperture esistenti;**
- **Consolidamento dei solai lignei mediante bonifica e inserimento di soletta in c.a. collaborante;**
- **Sostituzione dei solai lignei crollati e/o troppo danneggiati con nuovi solai in legno lamellare;**
- **Rinforzo delle volte rampanti delle scale con applicazione di fasce di rinforzo all'estradosso;**
- **Sostituzione delle scale esistenti a struttura leggera con nuove soluzioni in legno lamellare;**
- **Sostituzione delle coperture lignee in falda.**

Gli interventi proposti rientrano in un più ampio quadro d'insieme, per ognuno di essi sono forniti i dettagli costruttivi, mediante i quali rendere operativo l'intervento stesso e la verifica strutturale locale, che rende esplicito l'effettivo ripristino e dell'eventuale miglioramento delle caratteristiche meccaniche dell'elemento in oggetto. Il complesso degli interventi può sostanzialmente essere riassunto nella realizzazione di tre categorie di migliorie fondamentali per il comportamento globale della struttura, alle quali risultano ascrivibili singolarmente, e possono essere così sintetizzate:

- **Consolidamento delle strutture portanti verticali:** Il Consolidamento delle strutture verticali portanti, ovvero delle pareti murarie, viene ottenuto mediante un complesso di interventi, tutti mirati all'eliminazione di carenze strutturali, nelle quali si includono tutti i rinforzi e le riparazioni che interessano i paramenti murari, siano questi locali o diffusi, quali: iniezioni di miscele leganti, rinforzo degli incroci murari, sostituzione delle piattebande, consolidamento degli archi, inserimento e/o sostituzione delle catene, inserimento di cordolo sommitale e rinforzo con fasce in G-FRP.
- **Consolidamento delle strutture portanti orizzontali:** Il Consolidamento delle strutture orizzontali portanti, ovvero degli impalcati, viene ottenuto mediante un complesso di interventi, tutti mirati all'eliminazione delle carenze strutturali riscontrate, che possono essere così riassunti: consolidamento delle volte in muratura, rinforzo dei solai in ferro e laterizio con soletta in c.a. collaborante, riparazione e rinforzo dei solai lignei con soletta in c.a. collaborante e sostituzione delle coperture lignee precarie.
- **Consolidamento delle strutture di collegamento trasversale:** Il Consolidamento delle strutture di collegamento trasversale, ovvero delle scale, viene ottenuto mediante un complesso di interventi, tutti mirati all'eliminazione di carenze strutturali e delle criticità locali, quali: rinforzo delle volte in muratura mediante l'applicazione di fasce in G-FRP e sostituzione delle scale esistenti del tipo in ferro o in legno con nuove soluzioni in legno lamellare.

Si riporta di seguito una puntuale descrizione degli interventi strutturali, ripercorrendo la definizione degli stessi nei grafici di progetto.

9.1. Consolidamento delle volte

IS 1

Il Rinforzo delle volte in muratura con iniezioni di miscele leganti, sarcitura di lesioni, perneature con barre in acciaio e realizzazione di soletta in c.a. su riempimento alleggerito realizza una sequenza di lavorazioni su detta tipologia di orizzontamenti teso a ripristinarne l'originaria integrità strutturale, amplificandone le capacità statiche e migliorandone in maniera essenziale il comportamento sismico.

Realizzato su tutte le volte, lo stesso si differenzia a seconda della tipologia di volta su cui si effettua ma consta essenzialmente di uno svuotamento del riempimento superiore, fino ad una quota pari ai 2/3 dell'altezza dei rinfianchi, di una completa bonifica della muratura, comprensiva di sarciture e ripristino di porzioni eventualmente crollate, seguita da una serie di perneature con barre in acciaio, ovvero di chiodature in numero minimo di 6 per metro quadro, completato da una ricostruzione del substrato di livellamento superiore così come caratterizzato e dettagliato nelle schede tecniche di intervento.

L'intervento così dettagliato è finalizzato alla restituzione funzionale degli elementi danneggiati, oltre che all'eliminazione delle deficienze strutturali, chiaramente in sovrapposizione agli interventi previsti, sia in termini di comportamento statico delle singole volte che di risposta diaframmatica di piano.

9.2. Consolidamento degli archi

IS 2

Il Rinforzo degli archi in muratura consta della chiodatura trasversale dell'elemento mediante l'inserimento di barre in acciaio inox, in fori appositamente predisposti, solidarizzate attraverso l'iniezione con malta espansiva, previa sarcitura delle lesioni e concluso con la ristilatura dei giunti di malta, teso a ripristinarne l'originaria integrità strutturale, amplificandone le capacità statiche e migliorandone in maniera essenziale il comportamento sismico.

Realizzato su tutti gli archi, lo stesso si caratterizza in funzione della luce libera dell'arco, prevedendo un numero di chiodature minimo di 4 per metro lineare di sviluppo, così come caratterizzato e dettagliato nelle schede tecniche di intervento.

L'intervento così dettagliato è finalizzato alla restituzione funzionale degli elementi danneggiati, oltre che all'eliminazione delle deficienze strutturali, chiaramente in sovrapposizione agli interventi previsti, sia in termini di comportamento statico del singolo arco che di risposta dinamica in ambito sismico.

9.3. Rinforzo di scale in muratura

IS 3

Realizzato in corrispondenza degli elementi che hanno manifestato danneggiamenti rilevanti o sistemi strutturali inadeguati, nello specifico le scale interessate si caratterizzano una con struttura portante in muratura, e si interviene sulle stesse con il rinforzo all'estradosso delle volte rampanti con l'applicazione di fasce in G-FRP, previa rimozione degli strati di completamento (gradini, pedate ecc.) e sarcitura di eventuali lesioni, così come indicato nelle schede tecniche di dettaglio delle lavorazioni. Gli interventi in questo caso sono finalizzati unicamente alla restituzione della funzionalità degli elementi interessati, pur

rappresentando gli stessi un significativo miglioramento strutturale, data la natura delle parti coinvolte, risultano poco rilevanti ai fini della vulnerabilità del sistema globale.

9.4. Sostituzione delle scale a struttura leggera

IS 4

Previsto in corrispondenza di tutti quegli elementi in struttura lignea o metallica, per lo più riconducibili ai soppalchi ed al collegamento tra piani sfalsati, per cui data l'impossibilità di intervenire con un rinforzo strutturale idoneo, se ne prevede la sostituzione mediante la realizzazione di una nuova scala in legno lamellare, posta all'esterno della struttura in muratura (in corrispondenza dell'elemento analogo sostituito) ma debitamente ammorsata agli orizzontamenti di piano inferiore e superiore.

Date le caratteristiche degli elementi strutturali coinvolti, detta tipologia di intervento si configura come un adeguamento alle funzioni statiche del componente, ma non incide sulla risposta dinamica del sistema globale in quanto la rigidità delle nuove soluzioni inserite risulta trascurabile.

9.5. Sostituzione delle piattebande

IS 5

Realizzato in corrispondenza di tutte le aperture all'interno dei maschi murari, per sopperire alle carenze ataviche del sistema costruttivo, consta essenzialmente del canonico intervento di riparazione e rinforzo delle architravi, previsto mediante l'inserimento di due profili metallici del tipo IPE 140 accoppiati, oltre all'orlatura del vano con muratura di mattoni pieni adeguatamente ammorsata all'esistente.

L'intervento si configura come un rinforzo strutturale delle murature, ovvero concorre a migliorare la risposta dinamica del sistema, in quanto amplifica indirettamente la capacità dei pannelli murari di assorbire le azioni orizzontali, anche se per sua natura risulta essere difficilmente interpretabile.

9.6. Consolidamento delle murature

IS 6

Questo intervento risulta essere composto da una serie di lavorazioni che globalmente si configura come un insieme di riparazioni locali e di rinforzi diffusi tesi a migliorare le capacità meccaniche delle strutture portanti verticali e contestualmente a ripristinare la sicurezza originaria del complesso.

Dette lavorazioni possono distinguersi in:

- **Iniezioni diffuse di miscele leganti**, previste su tutta la muratura e costituite da una serie di perforazioni per l'introduzione all'interno della tessitura di una malta fibrorinforzata a base eco-pozzolonica, per realizzare la saturazione degli vuoti eventualmente presenti all'interno dei paramenti, ricompattando il tutto e garantendo, ad indurimento avvenuto, anche la formazione di un reticolo di malta ad elevate prestazioni strutturali che amplifica fortemente la duttilità del materiale composito ed implicitamente anche le capacità meccaniche. Il reticolo delle iniezioni previsto è di 50 x 50 cm, ovvero con un incidenza di 4 per metro quadro, ipotizzando un alternanza dei paramenti nell'esecuzione delle perforazioni ed un'inclinazione delle stesse di 10÷15° rispetto al piano orizzontale.

- **Cucitura mediante "scuci e cucì" di nuovi blocchi in tufo**, prevista in corrispondenza di lesioni passanti e/o di porzioni di muratura dissestate, oltreché in corrispondenza degli incroci murari (siano questi cantonali d'angolo che incroci a martello) per l'intero sviluppo verticale degli stessi, solo ove ritenuti necessari, chiaramente in ragione dell'evidenza di lesioni e/o danneggiamenti che ne palesino la carenza di resistenza. L'intervento di realizza mediante la classica tecnica dello "scuci e cucì" con blocchi nuovi di tufo, limitando l'invasività ai punti e alle porzioni di pannelli strettamente necessari, onde minimizzare l'incidenza sulla costruzione.
- **Chiusura delle nicchie**, prevista in corrispondenza dei vani presenti all'interno della muratura portante, laddove gli stessi interessino delle aperture non più utilizzate, oltre che per le nicchie presenti e per i cavedi utilizzati storicamente. L'intervento si realizza con materiali di caratteristiche analoghe a quelle riscontrate nella muratura esistente, garantendo con le opportune tecniche realizzative il perfetto ammorsamento della nuova muratura a quella esistente.

L'insieme degli interventi così concepito si configura come un rinforzo strutturale delle murature, ovvero concorre a migliorare la risposta dinamica del sistema, in quanto amplifica indirettamente la capacità dei pannelli murari di assorbire le azioni orizzontali, interpretabile secondo il vigente disposto normativo almeno con un amplificazione del 50% dei parametri meccanici della muratura, anche se in realtà così come è stato progettato il rinforzo garantisce incrementi sicuramente superiori.

9.7. Rinforzo dei solai in ferro e laterizio con soletta in c.a. collaborante **IS 7**

Realizzato sugli impalcati del fabbricato in ferro e laterizio, sprovvisti di soletta di ripartizione superiore, che negli orizzontamenti piani assolve anche e soprattutto alla funzione di diaframma rigido di piano, elemento quest'ultimo essenziale per il comportamento sismoresistente delle costruzioni in muratura, attuabile mediante l'utilizzo di connettori a piolo fissati ai profili metallici esistenti, attraverso più possibili tecniche di ancoraggio, per cui l'intervento di rinforzo risulta finalizzato, oltre alla mansione precedentemente individuata, a garantire un aumento globale della resistenza dell'elemento e una riduzione della deformabilità dello stesso, in ragione delle luci e delle destinazioni d'uso.

Il rinforzo è progettato in termini geometrici con l'attribuzione degli spessori minimi per il corretto funzionamento dello stesso, oltreché prevedendo l'opportuno trattamento di bonifica e ripristino conservativo delle parti metalliche eventualmente ammalorate e/o degradate.

9.8. Ripristino e rinforzo dei solai lignei con soletta in c.a. collaborante **IS 8**

Realizzato sugli impalcati del fabbricato in legno che presentano decori (incartate) e/o sono essi stessi elemento di pregio, oltre ad aver conservato un grado di sicurezza statico tale consentirne il recupero.

Nello specifico l'intervento consta di una preventiva bonifica/riparazione delle componenti strutturali esistenti, ovvero il trattamento delle travi e degli assiti in legno per l'arresto di eventuali fenomeni di degrado, oltre al successivo ripristino delle sezioni resistenti, mediante iniezioni di resine epossidiche

e/o attraverso l'utilizzo di betoncini idonei alla ricostruzione delle sezioni eventualmente erose da agenti patogeni, muffe e degrado in genere, fino all'intervento limite di sostituzione di parti delle travi per mezzo di innesti con le tecniche dell'intarsio.

I solai esistenti risultano essenzialmente sprovvisti di soletta di ripartizione superiore, che negli orizzontamenti piani assolve anche e soprattutto alla funzione di diaframma rigido di piano, elemento quest'ultimo essenziale per il comportamento sismoresistente delle costruzioni in muratura, attuabile mediante l'utilizzo di connettori a piolo fissati alle travi lignee esistenti per mezzo di avvitatura, per cui l'intervento di rinforzo risulta finalizzato, oltre alla mansione precedentemente individuata, a garantire un aumento globale della resistenza dell'elemento e una riduzione della deformabilità dello stesso, in ragione delle luci e delle destinazioni d'uso.

9.9. Sostituzione dei solai in legno

IS 9

Previsto su tutti i solai in legno crollati e/o irrimediabilmente compromessi, per cui risulta impossibile la riparazione e il ripristino funzionale, così come precedentemente descritto, in ragione della presenza di danneggiamento rilevante e/o di sistema strutturale inadatto alla funzione portante, mediante solai in legno con soletta superiore in c.a. collaborante.

L'intervento consta dell'inserimento ex novo di un solaio in legno lamellare, adeguatamente ammorsato alla muratura esistente, ovvero predisposto con le tecniche e gli accorgimenti necessari a garantirne la perfetta integrazione nel sistema strutturale esistente, oltre alle prestazioni strutturali prescritte dalle vigenti norme tecniche.

9.10. Inserimento e/o sostituzione di catene metalliche

IS 10

Previsto in presenza delle catene esistenti e in posizioni in cui le stesse sono necessarie ma non erano presenti prima, per eliminare le spinte incontrastate delle volte e garantire il miglior comportamento possibile del sistema sismoresistente, ovvero quello scatolare, oltre che impedire gli eventuali cinatismi di facciata attivi o attivabili in caso di sisma.

L'intervento si contraddistingue in più possibilità di soluzioni adottabili, chiaramente riferibili alle differenti condizioni al contorno, con l'utilizzo della tecnica classica con i conci di capochiave a piastre metalliche, ove questi siano già presenti, o in alternativa con l'ancoraggio dei terminali con il sistema dell'ingrano nella muratura, mediante l'utilizzo di malte espansive e materiali tecnologicamente innovativi, quali ad esempio una garza in G-FRP che consente l'ammorsamento alla muratura.

9.11. Inserimento di cordolo sommitale in muratura armata

IS 11

Realizzato in testa alle cortine murarie delle porzioni del complesso per garantire un corretto comportamento della muratura in presenza delle sollecitazioni trasmesse dagli elementi portanti della copertura, oltre alla connessione con gli impalcati, quando questi si trovano alla stessa quota, impedendo

l'attivazione di meccanismi locali all'interno delle pareti all'ultimo tronco, generalmente possibili per mancanza di vincolamento trasversale delle stesse.

L'intervento consiste nella realizzazione di un cordolo, sovrastante la muratura perimetrale, reso solidale alla stessa mediante la chiodatura, ovvero tramite il posizionamento di iniezioni armate, per ottenere un'opportuna solidarizzazione al tessuto murario del rinforzo mediante in classico calcestruzzo armato.

9.12. Rinforzo strutturale delle murature con fasce in G-FRP

IS 12

Realizzato in maniera localizzata solo sui pannelli murari di notevoli dimensioni in determinate porzioni della costruzione (così come indicato nei grafici di progetto), mediante l'applicazione di fasce in G-FRP sul lato interno della muratura che realizza le corti interne del complesso, opportunamente connesse per mezzo di connettori in corda in G-FRP, sfioccati nella parte aderente alle fasce di rinforzo, e solidarizzate al materiale esistente per mezzo di un idoneo strato di malte fibrorinforzate.

Detta tipologia di intervento ripercorre la tecnica dell'intonaco armato in una chiave di lettura moderna e tecnologicamente avanzata, razionalizzata per minimizzare l'invasività dell'intervento, garantendo per effetto delle caratteristiche dei materiali utilizzati una notevole miglioria dei parametri meccanici della muratura stessa, così come dimostrato da numerose pubblicazioni scientifiche, basate sulla sperimentazione di questa tecnica di rinforzo.

9.13. Sostituzione e/o rifacimento delle coperture in falda

IS 13

Previsto su tutte le coperture in falda del complesso, in ragione del forte grado di ammaloramento e dei crolli già avvenuti, mediante la realizzazione ex novo di strutture portanti in legno lamellare, con annessi gli strati di finitura ordinari.

L'intervento consta dell'inserimento ex novo di una struttura in legno lamellare in falda, adeguatamente ammorsata alla muratura esistente, ovvero predisposte con le tecniche e gli accorgimenti necessari a garantirne la perfetta integrazione nel sistema strutturale esistente, oltre alle prestazioni strutturali prescritte dalle vigenti norme tecniche.

Il quadro globale degli interventi così suddivisi e descritti, si traduce in termini di modellazione strutturale sostanzialmente con una variazione delle caratteristiche meccaniche della muratura ottenuta amplificando di un coefficiente correttivo, sulla base delle assunzioni proposte dalle NTC e dalla Circolare, stimato in considerazione del complesso degli interventi proposti per le strutture portanti verticali, ma soprattutto è tarato per soddisfare le richieste della Soprintendenza dei Beni Culturali, così come precisato in premessa.

10. Messa in sicurezza del complesso

Dato il contesto attuale in cui versa il complesso, prima di poter predisporre qualsiasi intervento, è necessario procedere ad un efficace messa in sicurezza dell'aggregato, strutturata attraverso la seguente successione di lavorazioni:

- **Puntellatura** di tutti i vani in cui gli orizzontamenti siano in condizioni tali da garantire l'accesso in sicurezza agli ambienti, per il tempo necessario all'esecuzione;
- **Sgombero dei detriti** derivanti dai crolli, da eseguirsi a mano e senza l'utilizzo di mezzi meccanici che possano indurre vibrazioni e/o danni ulteriori alla struttura;
- **Demolizione controllata** degli orizzontamenti precari e/o interessati da crolli parziali, da eseguirsi a mano e senza l'utilizzo di mezzi meccanici che possano indurre vibrazioni e/o danni ulteriori alla struttura, cercando di realizzarne lo smontaggio delle componenti;
- **Inserimento di cerchiature** nei vani svuotati degli impalcati e destinati alla sola messa in sicurezza, ovvero riconducibili al lotto B, ove eventualmente la rimozione degli orizzontamenti potrebbe indurre fenomeni di instabilizzazione delle pareti perimetrali;
- **Puntellatura** delle pareti verticali, ovvero della porzione di facciata su vico Giganti caratterizzata da un'altezza notevole e da una luce libera elevata, per cui a fronte della possibilità di instabilizzazione orizzontale e/o verticale se ne predispone il bloccaggio con controventature metalliche, disposte all'interno del complesso e più precisamente della corte retrostante;
- **Ripristino delle impermeabilizzazioni** di tutte le coperture, siano queste piane o in falda, mediante il rifacimento anche solo parziale degli strati protettivi superficiali, nelle parti orizzontali, e con il ripristino dei manti di tegole o addirittura la sovrapposizione di lamiere metalliche, nelle porzioni inclinate.

Detto ultimo intervento di messa in sicurezza risulta altresì essenziale per l'interruzione dei fenomeni di degrado per infiltrazioni di acque meteoriche. Chiaramente gli interventi precedentemente individuati sono elencati in maniera tale da garantire l'iter ottimale di messa in sicurezza, specificando che le lavorazioni vanno predisposte dal piano più basso verso quelli superiori e accedendo al complesso anche per mezzo di più accessi ma in maniera progressiva, oltretutto sfalsandole secondo le prescrizioni contenute nel Piano di Sicurezza e Coordinamento di cui il progetto si compone.

Si precisa infine che in ragione della mancata possibilità di un rilevamento attualizzato, per effetto dell'inagibilità dell'aggregato edilizio, alcuni interventi previsti potrebbero risultare leggermente sfasati, ovvero a fronte di crolli o di solai in discrete condizioni potrebbero essere stati ipotizzate condizioni differenti e conseguentemente previsti interventi non coerenti.