



COMUNE DI NAPOLI
Area Trasformazione del Territorio
Servizio Valorizzazione della Città Storica - Sito UNESCO
GRANDE PROGETTO CENTRO STORICO DI NAPOLI

POR CAMPANIA FESR 2014/2020
Asse VI - Priorità di investimento 6c - Obiettivo Specifici 6.7
Azioni 6.7.1 e 6.8.3

INTEVENTO N° 15
Chiesa di Santa Croce e Purgatorio al Mercato
Riqualificazione e Adeguamento Funzionale

CUP : B68I14000010006

Il Responsabile del Procedimento
arch. Luca D'Angelo

CIG : 884533160D

Gruppo di Progettazione			PROGETTO ESECUTIVO		
architettura PETROCELLI arch. GIANLUCA - CAPOGRUPPO MANDATARIO DI MARTINO arch. ALESSANDRO - giovane professionista impianti CRISCUOLO ing. GAETANO restauro Di MARTINO GIUSEPPE S.A.S. dott.ssa Ungaro Giulia geologo TROI SI GIUSEPPE			Titolo RELAZIONE TECNICO ARCHITETTONICA		
			Scala		
			Dimensione		
			Nome File	GP15-PE-AR-rel-001	
			Aggiornamento	ottobre 2022	
CODICE PROGETTO	FASE	CATEGORIA ELABORATO	TIPO ELABORATO	NUMERAZIONE	REVISIONE
GP 15	PE	AR	rel	001	03

1. PREMESSA.....	pag 2-3
2. ELIMINAZIONE E/O MITIGAZIONE CAUSE INFILTRAZIONI – MESSA IN SICUREZZA	
2.1 Individuazione delle cause del degrado.....	pag. 4
2.1.1 Messa in sicurezza	pag. 4/6
2.2 Interventi Previsti	
2.2.1 Mancato Deflusso Acque meteoriche.....	pag. 6
2.2.2 Degrado e lesioni della guaina impermeabile.....	pag. 7
2.2.3 Infiltrazioni dagli infissi e dalle bucature presenti	pag. 7
2.2.4 Distacchi e rotture di abachini in ardesia – Messa in Sicurezza	pag. 8
2.2.5 Degrado cancellata di ingresso	pag. 8/9
2.2.6 Architrave in marmo portale di ingresso	pag 9/10
2.2.7 Degrado ed instabilità portone di ingresso.....	pag. 10/11
2.2.8 Grate di areazione ipogeo	pag. 11
3. DEGRADO INTONACI E STRUTTURE LAPIDEE – UMIDITA’ DI RISALITA	
3.1 Premessa	pag. 12
3.2 Individuazione delle cause del degrado	
3.2.1 Presenza di umidità nelle murature	pag. 13
3.2.2 Presenza di strutture in adiacenza	pag. 13/14
3.2.3 Ambiente Ipogeo-crypta e presenza di acqua di falda	pag. 15/17
3.3 Interventi Previsti	
3.3.1 Premessa	pag. 18
3.3.2 L’umidità di risalita	pag. 18/19
3.3.3 Tipologie e Strategie di contrasto all’umidità di risalita.....	pag. 20/21
3.3.4 Il Taglio o Barriera Chimica	pag. 22
3.3.5 Interventi Pregressi	pag. 23
3.3.6 Fasi di Intervento – Lavorazioni ed opere preliminari	pag. 24
3.3.7 Analisi Costi benefici	pag. 24/25
3.3.8 Smontaggio della zoccolatura e del rivestimento in marmo	pag. 25/26
3.3.9 Sistema di rimontaggio “a secco” del rivestimento in marmo	pag. 27/32
3.3.10 Realizzazione della Barriera Chimica Orizzontale	pag. 33
3.3.11 Modalità di posa in opera.....	pag. 33/34
4. RESTAURO DELLE PARETI INTERNE	
4.1 Premessa.....	pag. 35
4.2 Individuazione delle cause del degrado	pag. 35/36
4.3 Interventi da eseguire	pag. 37/38
5. CONSIDERAZIONI ED INDICAZIONI FINALI	pag. 39

PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE
Chiesa di Santa Croce e Purgatorio al Mercato
Piazza Mercato
Napoli
RELAZIONE TECNICO ARCHITETTONICA

1. PREMESSA

Tutti gli edifici storici sono soggetti a un **progressivo degrado** dovuto alla naturale esposizione alle intemperie, a eventi traumatici come incendi o terremoti, al semplice abbandono o all'azione dell'uomo (degrado di origine antropica).

A ciascun materiale corrispondono specifiche tipologie di degrado, che agiscono in modi caratteristici e facilmente prevedibili.

Le murature, gli intonaci ed i materiali lapidei subiscono danni e degrado soprattutto dalla prolungata esposizione alle intemperie, e in particolare a causa di:

- umidità per risalita capillare, tipica soprattutto degli edifici con muri portanti su terreni alluvionali e con falde acquifere superficiali;
- cicli di gelo e disgelo;
- azione meccanica del vento e della pioggia battente;
- esposizione alla salsedine.

La corretta progettazione di qualsiasi **intervento di recupero**, manutenzione o restauro richiede approfondite verifiche preliminari che comprendono anche la **mappatura del degrado**, materialmente costituita da prospetti o fotopiani.

Gli interventi progettati, alla luce dei numerosi sopralluoghi effettuati, dei rilievi grafici e fotografici, dall'approfondimento degli esiti e delle indagini pregresse e da incontri e confronti avuti con funzionari della Soprintendenza incaricati dell'Alta Sorveglianza ed i tecnici del Comune di Napoli, in considerazione anche all'esiguità del finanziamento attualmente disponibile, sono stati individuati in ottemperanza all'obiettivo primario individuato che risulta essere “ **QUELLO DI RENDERE IMMEDIATAMENTE UTILIZZABILE E FRUIBILE LA CHIESA**”.

Per quanto sopra, gli interventi ritenuti prioritari sono quelli che consentiranno l'utilizzo dell'edificio religioso **IN SICUREZZA**, nonché gli interventi necessari **ALLA CONSERVAZIONE DEGLI ELEMENTI CHE LO COSTITUISCONO**.

Si ritiene necessario, pertanto, dare la priorità ai seguenti obiettivi progettuali:

1. Eliminazione e/o mitigazione delle cause delle infiltrazioni attualmente presenti in alcuni punti delle coperture, anche attraverso interventi puntuali;
2. Interventi atti a risolvere e/o mitigare l'umidità di risalita nelle murature;
3. Completamento delle opere di restauro delle pareti interne, relativamente ai primi due metri dal calpestio, al fine di completare gli interventi operati negli anni precedenti;

4. Ripristino della funzionalità del cancello di ingresso e del portone.
5. Restauro degli altari e delle balaustre in marmo.
6. Adeguamento e/o integrazione dell'impianto elettrico ed antintrusione al fine di ottenere le relative certificazioni di conformità alle normative vigenti in materia;

La presente relazione si occuperà delle opere e lavorazioni di restauro e manutenzione afferenti ai punti evidenziati in precedenza dal n° 1 al n° 4, mentre i punti n° 5 e n° 6 verranno trattati nelle relative relazioni specialistiche.



Chiesa di S. Croce e Purgatorio al mercato – immagine anno 1899



Chiesa di S. Croce e Purgatorio al mercato – immagine anno 2021

2. ELIMINAZIONE E/O MITIGAZIONE CAUSE INFILTRAZIONI – MESSA IN SICUREZZA

2.1 INDIVIDUAZIONE DELLE CAUSE DEL DEGRADO

La chiesa di Santa Croce e Purgatorio al mercato si presenta in un discreto stato di conservazione, questo soprattutto e grazie ad una serie di importanti interventi di restauro e consolidamento statico progettati ed eseguiti nell'arco dell'ultimo decennio del secolo scorso.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati, in ossequio al mandato ricevuto, grazie e soprattutto all'ausilio di un rilievo fotografico aereo effettuato a mezzo drone, si è potuto constatare, in particolare per le strutture in copertura ed agli aggetti a queste afferenti, un diffuso stato di degrado, che seppur di non grave entità, risulta tuttavia largamente presente tanto da non rendere indenne, da problematiche degenerative ed infiltrative, nessun elemento e/o struttura esterna dell'edificio, dalla lanterna posta a coronamento della cupola ai terrazzi posti alla base della stessa, alle facciate esterne ed interne.

Il degrado delle strutture e le cause che lo hanno generato sono riconducibili ai seguenti fattori:

1. Alle azioni degli eventi meteorici;
2. Alla mancanza di manutenzione;

I fattori evidenziati hanno generato le seguenti problematiche:

- Sollevamento e distacco di correntini e guaine impermeabili poste a protezione di cornici e cornicioni.;
- Degrado e fessurazione degli intonaci;
- Ossidazione dei ferri di armatura delle strutture e rinforzi in c.a.;
- Degrado e lesioni di fregi e cornici;
- Mancato deflusso delle acque meteoriche e ristagno delle acque in copertura per presenza di ostruzioni e/o vegetazione infestante;
- Infiltrazioni di acque meteoriche dagli infissi e dalle bucature presenti;

In considerazione delle esigue risorse disponibili, degli obiettivi e priorità individuati e della fruibilità in sicurezza dell'edificio, gli interventi preventivati in progetto saranno limitati ai terrazzi di copertura ed ai due torrini d'angolo, essendo oltremodo oneroso, a causa della indispensabile installazione dei ponteggi, procedere all'esecuzione degli interventi sulle facciate dell'intero edificio e della cupola.

2.1.1 MESSA IN SICUREZZA

Per quanto è stato possibile riscontrare (per visione diretta e/o a mezzo drone), non avendo potuto espletare un sopralluogo completo di tutte le strutture per inaccessibilità dei luoghi e/o per limiti oggettivi (si pensi all'estradosso ed all'intradosso della cupola, tamburo e cornicioni) sono state rilevate e si evidenziano alcune criticità che potrebbero essere foriere di pericoli per la pubblica incolumità.

Le criticità riscontrate sono in seguito riportate:

- Sollevamento e distacco di abachini in ardesia e correntini in marmo;
- Degrado delle staffe di ancoraggio tra i vari pannelli e gli attacchi a terra della cancellata di ingresso;
- Inflessione dell'architrave in marmo posta all'ingresso dell'edificio;
- Degrado ed instabilità del portone di ingresso;
- Grate di areazione ipogeo;



La chiesa di S. Croce vista dall'alto



In evidenza l'area di intervento



Vista dall'alto della copertura dell'edificio religioso



Particolare degrado lanterna-ossidazione ferri c.a.



Degrado e fessurazione intonaco tamburo cupola



Particolare degrado



Infiltrazioni e danni provenienti da strutture adiacenti



Particolare terrazzo est - adiacente



Interni: infiltrazioni - presenza umidità e distacchi pellicola pittorica



Infiltrazioni dagli infissi



Degrado cornici e fregi

2.2 INTERVENTI PREVISTI

2.2.1 Mancato deflusso delle acque meteoriche - Infiltrazioni

La documentazione fotografica delle aree esterne, realizzata a mezzo di drone, ha rilevato la presenza, sui terrazzi di copertura, di ampie zone con accumuli e ristagni di acqua piovana e di vegetazione infestante.

Per quanto sopra è evidente che i bocchettoni e le pluviali di scarico, deputate all'allontanamento delle acque meteoriche dalla copertura dell'edificio, risultino ostruite proprio dalla presenza di vegetazioni infestanti, ma anche di materiali edili quali guaine bituminose distaccate e macerie provenienti da lesioni e distacchi di elementi delle facciate.

Si evidenzia, altresì, che il numero ed il diametro delle pluviali deputate alla raccolta e smaltimento delle acque meteoriche appare insufficiente per una superficie di "servizio" di oltre 300 mq tra terrazzi, torrini e cupola.

Per porre rimedio alle problematiche di cui in precedenza sono previsti i seguenti interventi:

1. Diserbo e taglio vegetazione infestante;
2. Rimozione di materiali vari e pulizia dei bocchettoni di scarico acque meteoriche;
3. Sostituzione ed Aumento di diametro delle pluviali esistenti;



Presenza di vegetazione infestante e macerie



Mancato deflusso acque meteoriche - ristagni

2.2.2 Degrado e lesioni della guaina impermeabile - Infiltrazioni

Si sono evidenziati, altresì, fenomeni infiltrativi alle strutture interne dell'edificio religioso provenienti dal distacco e/o degrado della guaina impermeabile posizionata nei punti di raccordo (risvolti) tra i terrazzi di copertura degli edifici privati e le facciate e le strutture della chiesa di S. Croce.

Per porre rimedio a tali problematiche si procederà con interventi puntuali di posa in opera di guaina impermeabile, nei punti individuati e/o strutture individuate quali cause di infiltrazioni.

Gli interventi in progetto prevedono:

1. Rifacimento massetto e guaina impermeabile su struttura adiacente lato est dell'edificio;
2. Posa in opera di nuova guaina impermeabile (rappezzi) nei punti individuati quali causa di infiltrazioni;

2.2.3 Infiltrazioni dagli infissi e dalle bucatore presenti - Infiltrazioni

Ulteriori fenomeni infiltrativi sono stati rilevati in corrispondenza degli infissi, che per tale motivo, necessitano tutti di un intervento di revisione e manutenzione.

Inoltre, si è resa evidente come la presenza sulla copertura del torrino angolo nord-est, di una bucatina a "cielo aperto" ("oculus") priva di qualsiasi protezione dalle piogge, è causa di danni e degrado alle strutture limitrofe e sottostanti della Chiesa.

Viste le esigue risorse economiche disponibili, nell'attuale progetto, si è dato priorità alla risoluzione della problematica infiltrativa causata dalla bucatura (oculus) presente sul torrino angolo nord-est, necessitando per gli infissi risorse più importanti in ragione del numero degli infissi e della necessità di installazione di ponteggi.

Gli interventi in progetto prevedono:

1. Posa in opera di un cupolino con struttura in acciaio e copertura in vetro;

2.2.4 Distacchi e rotture di abachini in ardesia e copertine in marmo – Messa in Sicurezza

Dal rilievo fotografico eseguito a mezzo drone è stato rilevato come in più punti delle strutture in facciata ed in copertura si è avuto il distacco di abachini-copertine in ardesia. Tali elementi posti a protezione dei tratti terminali delle murature o posizionati su cornici e cornicioni, oltre a costituire un pericolo per la pubblica incolumità, rappresentano elementi fondamentali per la protezione e salvaguardia dell'edificio dagli eventi meteorici, poiché deputati a favorire l'allontanamento delle acque meteoriche.

Per quanto sopra il progetto ha individuato un'area di intervento ben definita sulla quale intervenire prioritariamente, in ossequio agli obiettivi progettuali individuati ed alle risorse economiche disponibili, quali il cornicione del timpano d'ingresso ed i torrini d'angolo nord est e nord-ovest.

Gli interventi in progetto prevedono:

1. Ripristino degli abachini in ardesia e delle copertine in marmo distaccati e/o in fase di distacco

2.2.5 Degrado cancellata di ingresso – MESSA IN SICUREZZA

Il cancello di ingresso e la cancellata perimetrale si presentano un forte degrado dovuto sia all'ossidazioni delle componenti di aggancio ed ancoraggio degli elementi e dei pannelli che la compongono, ma anche per deformazioni dovute a forti urti ed impatti.

Nello specifico alcune componenti di aggancio dei vari pannelli che compongono la cancellata appaiono fortemente degradati e/o addirittura mancanti. Analogamente le staffe di ancoraggio a terra della cancellata e le basi dei pilastrini che sorreggono la composizione appaiono, in alcuni punti, fortemente ossidati. Ciò premesso, la mancanza di risorse sufficienti non consente di prevedere il recupero della cancellata, ed in previsione di una futura riapertura al pubblico dell'edificio, e nell'attesa di recuperare risorse sufficienti, si prevede di mettere in esecuzione una messa in sicurezza della cancellata.

Gli interventi in progetto prevedono:

1. Puntellatura provvisoria della cancellata al fine di evitarne un possibile ribaltamento



Cancello e cancellata di ingresso all'edificio religioso



Danneggiamenti subiti



Degrado degli elementi di ancoraggio dei pannelli e degli ancoraggi a terra

2.2.6 Architrave in marmo portale di ingresso – MESSA IN SICUREZZA

L'architrave in pietra del portale di ingresso, appare composto da due elementi resi solidali da ancoraggi e zanche in ferro.

Allo stato attuale gli ancoraggi appaiono degradati e/o non più completamente efficaci, tanto che si evidenziano stuccature e riempimenti della fessurazione e distacco che si è creato tra i due elementi in pietra.

Gli interventi in progetto prevedono:

1. Consolidamento strutturale degli elementi in pietra con inserimento di nuovi perni in acciaio e resina epossidica al fine di ristabilirne il completo assemblaggio- finitura e pulizia finale



Portale in pietra di ingresso – architrave da consolidare

2.2.7 Degrado ed instabilità del portone di ingresso – MESSA IN SICUREZZA

Il portone di ingresso all'edificio religioso, con struttura in legno e rivestimento con corazza in acciaio, appare in un forte stato di degrado, con le cerniere e la ferramenta, in parte, non più in sede e con le ante risultanti fuori piombo tanto da non consentirne la completa ed efficiente chiusura.

A ciò si unisce la mancanza di una "serratura" di chiusura (probabilmente divelta) che unite alle problematiche sopra evidenziate richiede, per la fondamentale funzione che assolve, interventi di ripristino dell'infisso e della sua funzionalità.

Gli interventi in progetto prevedono:

Ripristino del portale di ingresso, della sicurezza e della funzionalità dello stesso, da attuare secondo le seguenti lavorazioni

- eventuale smontaggio dell'infisso e/o delle parti che lo compongono;
- smontaggio della ferramenta;
- consolidamento e reintegrazione delle lacune della struttura lignea;
- rimessa a squadro dell'infisso;
- sostituzione di eventuali staffe non più recuperabili;
- fornitura di serratura in "stile" e dei relativi elementi di chiusura;
- Trattamento protettivo delle parti lignee a vista e della corazza in acciaio;
- Verniciatura finale.



Portone di ingresso vista dall'esterno dell'edificio



Portone di ingresso vista dall'interno dell'edificio

2.2.8 Grate di areazione ipogeo – MESSA IN SICUREZZA

L'ambiente ipogeo presenta o presentava tutta una serie di aperture atte a consentirne un minimo di ventilazione ed areazione. Una di queste aperture è presente all'ingresso dell'edificio religioso, appena varcato il portone di ingresso. Tale grata, mancante di un pezzo, appare fortemente ossidata in tal maniera che in progetto ne è stata prevista la completa sostituzione. Per la posizione a pavimento, dunque soggetta al continuo passaggio dei visitatori, per una questione di sicurezza, in progetto, ne è stato escluso il recupero, che in ogni caso non ne avrebbe garantito la piena affidabilità ed è stata sostituita da una grata di analoghe fattezze (a motivo intrecciato in acciaio inox) a cui è stata sottoposta, in posizione non visibile, un ulteriore telaio, sempre in acciaio, atto a garantire una maggiore e superiore sicurezza in caso di accidentale sfondamento.

Ulteriori grate di sicurezza sono state poste all'ingresso delle bocche di areazione dell'ipogeo presenti in facciata (con disegno simile alle grate presenti sul prospetto posteriore) e nelle alzate dei gradini degli altari in marmo.



Grata di areazione posta all'ingresso dell'edificio

3. DEGRADO INTONACI E STRUTTURE LAPIDEE – UMIDITA' DI RISALITA

3.1 PREMESSA

Le murature e gli elementi lapidei della chiesa di S. Croce sono interessati, per un'altezza di circa mt 2.00 dalla quota di ingresso, da fenomeni di degrado.

Il degrado, sulle strutture esterne dell'edificio, si è manifestato con distacco e caduta di intonaci dalla parte basamentale delle facciate, inoltre, interessata dal degrado è risultata essere anche la zoccolatura in piperno presente sul prospetto principale dell'edificio religioso con distacchi e cadute di materiale.

Anche le murature interne manifestano un forte degrado, il fenomeno ha aggredito e causato danni a tutte le strutture ricadenti all'interno della quota 0/2.00 mt dal piano di calpestio.

Gravi danni sono evidenti anche sugli altari e le balaustre in marmo e gravi danni sono presenti sugli intonaci e gli stucchi che decorano le murature interne dell'edificio, con distacchi e cadute di intonaco e della sovrastante finitura a marmorino.



ESTERNO: Prospetto principale - degrado delle strutture



Particolare del degrado



INTERNO: Degrado murature ed elementi lapidei



Particolare del degrado

3.2 INDIVIDUAZIONE DELLE CAUSE DEL DEGRADO

3.2.1 Presenza di umidità nelle murature

Nell'ambito del "Grande progetto Centro Storico di Napoli", l'edificio religioso di S. Croce è stato sottoposto ad una serie di indagini commissionate dal Comune di Napoli alla società Tecno In spa nell'anno 2017, al fine di accertare le cause del degrado e monitorare lo sviluppo dello stesso. Una parte delle indagini condotte hanno provveduto ad acquisire dati e monitorare l'umidità e la temperatura all'interno delle pareti perimetrali dell'edificio religioso, mediante l'installazione di appositi trasduttori (sensori).

I sensori sono stati installati all'interno di perforazioni realizzate nelle murature stesse in numero di 6 divisi in 3 coppie (una superiore ed una inferiore).

L'esito delle indagini e del monitoraggio condotti nell'arco di un periodo di 5 mesi (luglio-novembre 2017) ha restituito valori di umidità nelle **murature molto elevati**, come da schemi e diagrammi in seguito riportati (vedi line azzurra e linea verde), in particolare per i sensori inferiori che hanno raggiunto i valori massimi della scala di riferimento.

3.2.2 Presenza di strutture in adiacenza

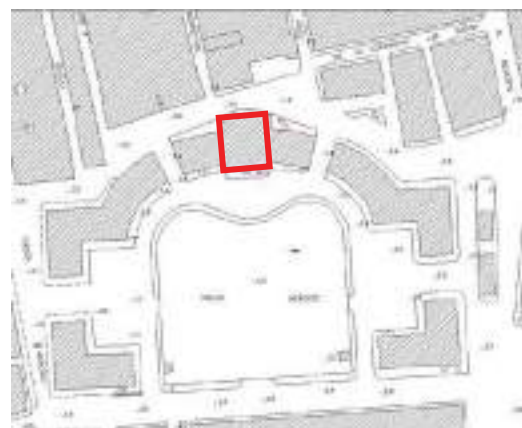
L'edificio religioso è posizionato al centro dell'emiciclo di Piazza Mercato. Planimetricamente il piano terra e fino ad una quota di circa mt 8.00, risulta essere libero solo su due fronti, il prospetto principale a sud e quello secondario a nord, risultando di contro, in adiacenza ad edifici privati sia ad est che ad ovest.

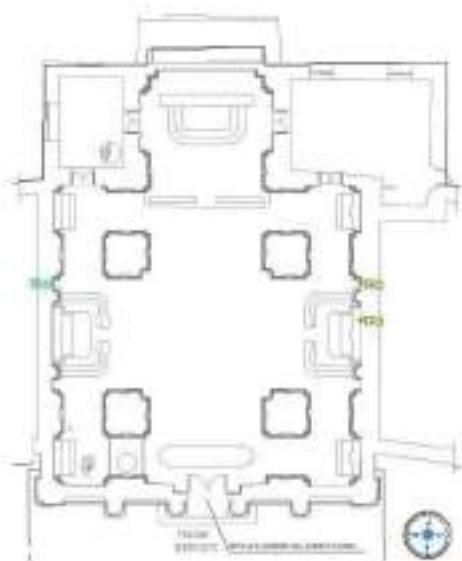
In considerazione che le strutture oggetto di maggior degrado e danni da umidità sono quelle presenti al piano terreno, la posizione planimetrica dell'edificio, parzialmente inglobata in una cortina edilizia, non favorisce una ottimale esposizione ed areazione delle murature e delle strutture in esse contenute.

Tale fattore, pertanto, può essere considerato un aggravante del degrado delle murature, non favorendo l'asciugatura e/o evaporazione dell'acqua contenuta e rilevata all'interno delle stesse.

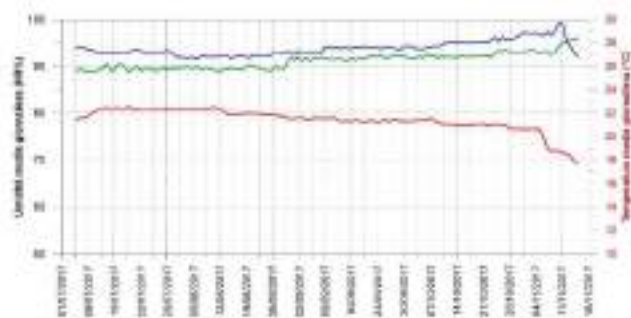
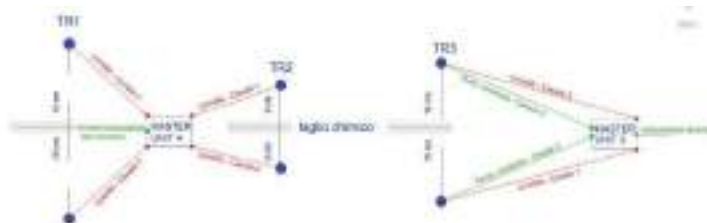


L'edificio religioso al centro di una cortina edilizia



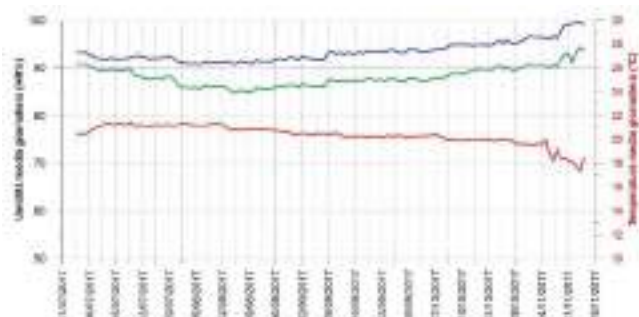


Allocazione dei sensori per l'installazione dei sensori di umidità e temperatura



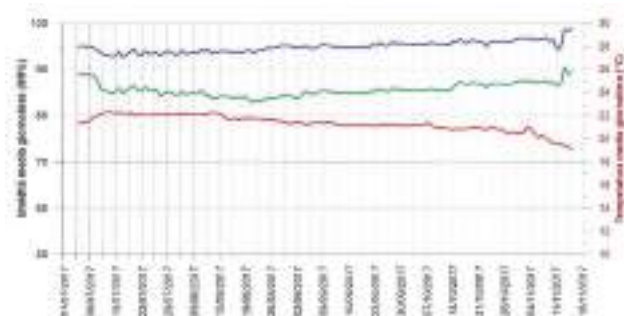
Unità Acquisizione TR1

- TR1 - umidità sensore inferiore
- TR1 - umidità sensore superiore
- Temperatura



Unità Acquisizione TR2

- TR2 - umidità sensore inferiore
- TR2 - umidità sensore superiore
- Temperatura



Unità Acquisizione TR3

- TR3 - umidità sensore inferiore
- TR3 - umidità sensore superiore
- Temperatura

3.2.3 Ambiente Ipogeo-crypta e presenza di acqua di falda

L'edificio religioso "poggia" e si sviluppa partendo dalle strutture di ambienti ipogei-crypta, completamente interrati, che ricalcano, nello sviluppo planimetrico, la geometria dell'edificio superiore.

Gi ambienti interrati sono costituiti da più "camere" di cui la maggiore ripercorre lo sviluppo planimetrico della navata principale, mentre ulteriori camere secondarie si sviluppano al di sotto dei deambulatori e della zona della sacrestia.

L'altezza degli ambienti ipogei è variabile, da circa cm 120 a cm 140, le strutture portanti sono in muratura, i soffitti a volta e tutti gli ambienti risultano planimetricamente interconnessi da stretti cunicoli ed aperture, così da comporre un unico ambiente sotterraneo. L'accesso agli ambienti avviene dall'apertura con grata posizionata a livello del solaio di calpestio in corrispondenza dell'ingresso della chiesa, mentre un probabile secondo accesso potrebbe essere posizionato alle spalle dell'altare centrale (da verificare).

Un accurato rilievo plano altimetrico è stato condotto dalla società Tecno In spa (anno 2017) a mezzo di georadar e di speleologi, il cui lavoro ci ha consegnato la geometria dei sopramenzionati ambienti caveali.

Tale rilievo planimetrico ha evidenziato degli ambienti tra loro interconnessi da aperture e stretti cunicoli e che ricevevano un minimo di areazione da "bocche di lupo" (oggi quasi tutte tamponate) poste sul fronte principale e posteriore dell'edificio.

Ulteriori collegamenti sono stati rilevati durante i sopralluoghi finalizzati alla redazione dell'odierno progetto e risultati essere elementi di areazione tra gli ambienti caveali interrati e quelli superiori della chiesa, grazie a strette feritoie poste in corrispondenza degli altari della navata principale.

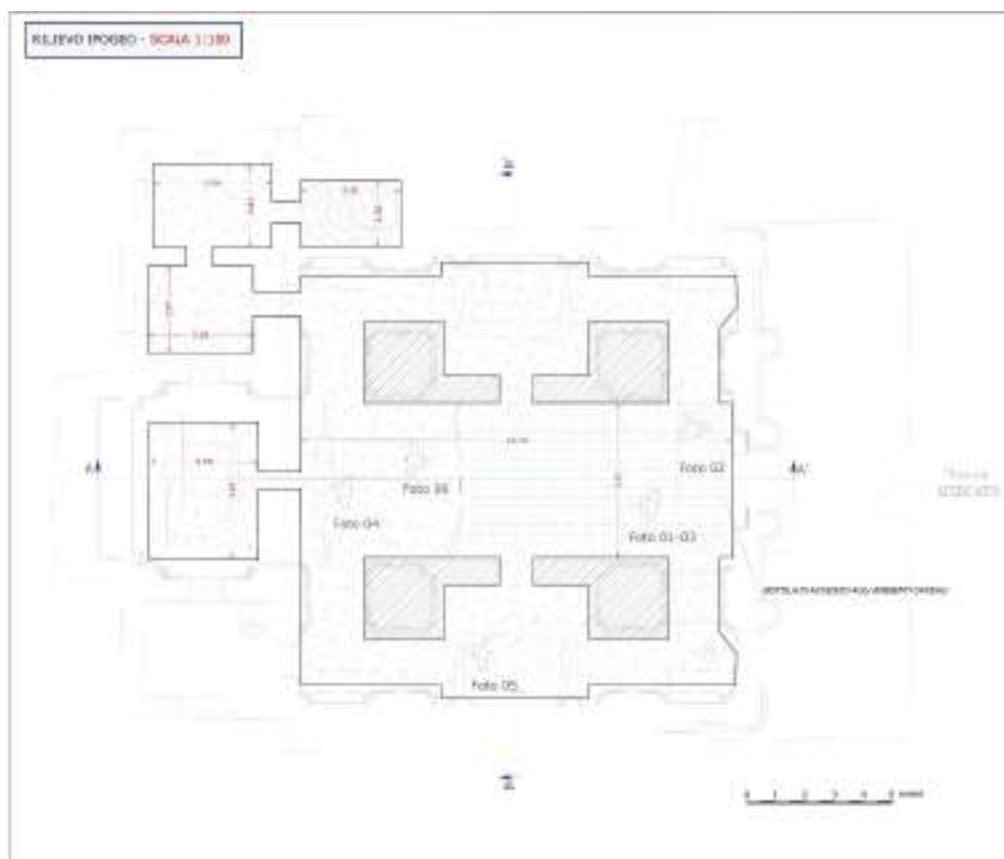
Molto importante ai fini della ricerca delle cause di degrado delle murature è la presenza negli ambienti ipogei di acqua, in particolare nella camera principale, mentre gli altri ambienti sono risultati parzialmente riempiti da materiali di risulta.

Durante le fasi di rilievo l'acqua rinvenuta è stata campionata ed analizzata, e le indagini condotte hanno consentito di escludere la provenienza fognaria della stessa e a ricondurne, con ogni probabilità l'origine ad acque di falda superficiale.

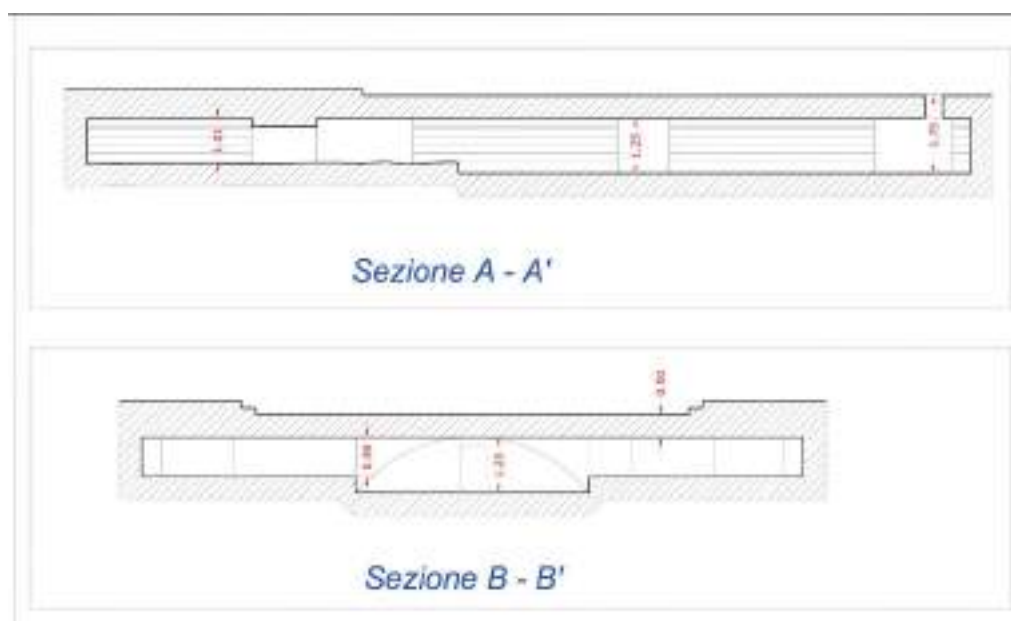
Ai fine della nostra ricerca, sulle cause di degrado delle murature, sarebbe risultato importante che venisse indagato, nelle indagini condotte sui campioni di acqua, la natura della stessa se "dolce" o "salmastra", e questo perché ritenendo che il degrado delle murature e delle strutture sia causato da umidità ascendente è noto a tutti che i danni causati da questa problematica non derivano essenzialmente dall'umidità ma dall'azione ed aggressione dei sali di cui l'umidità ascendente è veicolo di trasporto.

In ogni caso, le analisi condotte sui campioni di acqua hanno concentrato la ricerca esclusivamente su un'analisi chimica avente come obiettivo la ricerca di presenza di contaminanti e microbiologica al fine di escludere la provenienza fognaria delle stesse, ma se si prendono in esame le analisi condotte, sempre dalla "Tecno In", su campioni di malta e muratura, prelevata a mezzo di carotatrici in più punti delle murature dell'edificio, possiamo affermare, con un buon grado di certezza, che la natura

dell'acqua rinvenuta nell'ipogeo sia di tipo "salmastro", questo per la presenza nei campioni prelevati, oltre che di Sali, di elementi chimici caratteristici della composizione dell'acqua di mare .



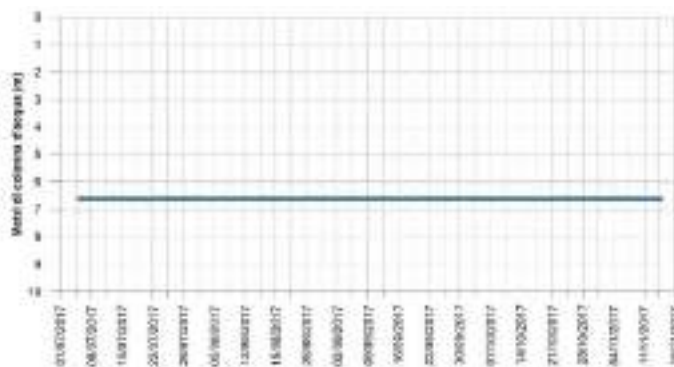
Rilievo planimetrico ambienti ipogei



Sezione longitudinale e trasversale degli ambienti ipogei

Ulteriori esami sono stati condotti dalla “Tecno In” al fine di monitorare il livello piezometrico (livello acqua di falda). Grazie all’installazione all’interno di fori di sondaggio ubicati a monte e a valle dell’edificio religioso, all’interno di fori di sondaggio di piezometri elettrici si è potuto accertare la presenza di una falda ad una quota di circa 1.40 mt dal piano di calpestio della Chiesa.

Il livello della falda, nel periodo di monitoraggio (luglio-dicembre 2017) è risultato essere costante, come da grafico in seguito riportato.



Livello dell’acqua di falda rilevata

Per quanto sopra riportato, la presenza di acqua salmastra negli ambienti caveali, in maniera costante e continua ed il collegamento diretto delle strutture interraste agli ambienti e murature sovrastanti del piano terreno dell’edificio, sarebbe da individuare quale causa principale del degrado rilevato i cui effetti così importanti (anche se perdurati per un lungo periodo) sono la conseguenza dell’azione caratteristica degradante propria dell’umidità di risalita.



Ipogeo : Ambiente centrale



Ipogeo : Aperture e cunicoli laterali

3.3 INTERVENTI PREVISTI

3.3.1 Premessa

Per definire le tecniche e gli interventi di risanamento più opportuni, delle strutture soggette a problemi di umidità, sia che si parli di edifici storici sia che si parli di nuove costruzioni, è necessario individuare e studiare le cause che possono determinare la presenza di umidità nelle murature. È bene però precisare che non esiste una relazione univoca causa-effetto: a una stessa causa possono corrispondere manifestazioni diverse, così come una stessa manifestazione può derivare da diverse cause, e talvolta ovviamente si assiste anche a una sovrapposizione di più cause o effetti.

Per mettere ordine all'argomento possiamo identificare 6 differenti fonti di umidità potenzialmente dannose per gli elementi murari dell'edificio:

1. Umidità da risalita capillare o ascendente

Dovuta alla presenza di acqua nel terreno che può infiltrarsi nelle murature per capillarità.

2. Umidità da condensazione superficiale o interstiziale;

Dovuta alla presenza di vapore acqueo nell'atmosfera.

3. Umidità di cantiere;

Dovuta all'umidità assorbita dai materiali durante le fasi di trasporto e messa in opera.

4. Umidità meteorica o di infiltrazione;

Dovuta alla penetrazione diretta o indiretta dell'acqua all'interno degli edifici conseguentemente a precipitazioni atmosferiche.

5. Umidità accidentale;

Dovuta a perdite d'acqua dipendente da cause diverse quali rotture di conduttore, impianti, ecc.

6. Umidità da terrapieno.

Dovuta alla percolazione dei terrapieni a contatto con i muri interrati o seminterrati.

3.3.2 L'umidità di risalita

Tutto ciò premesso, per porre rimedio ai fenomeni di degrado delle murature affette da problematiche legati a problemi di umidità è necessario, in primo luogo, individuare la causa del degrado e successivamente scegliere il rimedio più adatto al contrasto del fenomeno.

Per il nostro edificio riteniamo, per quanto premesso, relazionato e documentato, che il fenomeno di degrado delle murature, delle finiture e dei materiali lapidei sia causato dall' **UMIDITA' DI RISALITA** che trova la propria "fonte" e "forza" nella falda acquifera presente, in maniera costante, nell'ambiente ipogeo della Chiesa. L'umidità di risalita, detta tecnicamente umidità ascendente o capillare, si verifica quando l'acqua, normalmente presente nel sottosuolo, sale penetrando all'interno dei muri di un edificio.

Gli effetti del fenomeno variano in base alla porosità (capillarità) dei materiali edili con cui sono costruite le murature, proprietà questa che favorisce la presenza di umidità all'interno delle pareti.

La porosità, infatti, è la capacità di un materiale di far entrare acqua al suo interno in base al principio della capillarità. Malta, laterizi, mattoni e altri tipi di pietre sono tutti materiali porosi impiegati nella costruzione di opere murarie di edifici storici e, proprio a causa della loro struttura, favoriscono il movimento ascendente dell'acqua (dal basso verso l'alto). I materiali edili, di fatto, funzionano come una "spugna" immersa nell'acqua la cui modalità e la velocità di assorbimento varia proprio in base al tipo di materiale ed alla sua porosità (capacità di assorbimento).

L'umidità, essendo fondamentalmente acqua, sfruttando il fenomeno fisico della capillarità, risale lungo la parete attraverso i microscopici vasi presenti nei materiali. Il livello di risalita, ossia il punto in cui il fenomeno si arresta o rallenta, è legato alla dimensione dei capillari dei materiali: maggiore è il loro diametro, più difficile sarà per l'umidità risalire lungo il muro, viceversa in presenza di capillari piccoli, l'umidità potrà facilmente invadere l'intera parete.

La causa dei danni ai materiali ed in genere alle murature e finiture è da ricercare **nella presenza dei sali contenuti nell'acqua**.

L'umidità, contenuta nella muratura come acqua di **costruzione**, di **risalita** capillare, di **infiltrazioni** o perdite da **impianti**, evaporando veicola i sali minerali in essa disciolti verso l'esterno della muratura stessa. Questa migrazione di umidità è influenzata oltre che dalla permeabilità e porosità del materiale da costruzione, dalla temperatura, dall'umidità relativa, dalla pressione atmosferica e da fattori climatici in generale.

È utile sottolineare che nel caso in cui le manifestazioni saline siano dovute ad acqua di costruzione, la provenienza dei sali deriva essenzialmente dai materiali utilizzati per la realizzazione dell'edificio, tipicamente laterizi, leganti e aggregati ed è la situazione meno pericolosa in quanto, trascorso il tempo di prosciugamento e in assenza di altri fenomeni, la causa scomparirà e resterà solo un danno estetico ma innocuo e sarà più semplice ripristinare le murature interessate.

Più complessa è la circostanza quando le murature sono soggette ad umidità per periodi molto lunghi o costanti nel tempo. È il caso di infiltrazioni e perdite accidentali o di umidità di risalita. In questi casi si è di fronte a situazioni che presentano fasi di idratazione e disidratazione, solubilizzazione e ricristallizzazione che creano variazione del volume dei Sali (aumento di volume fino a 10 volte) con aumento di pressione all'interno della struttura.

Queste tensioni, generate dall'aumento di dimensione dei cristalli di sale, provocano il distacco delle parti più superficiali, intonaci e finiture colorate o nei casi più gravi possono danneggiare anche parte della muratura portante.



Chiesa S. Croce – esterno – umidità di risalita



3.3.3 Tipologie e Strategie di contrasto all'umidità di risalita

I metodi e le strategie di contrasto all'umidità di risalita sono molteplici, come in seguito riportato:

a. Il taglio meccanico consiste nell'eseguire un taglio nel muro alla base, poco sopra il livello al quale si prevede possa arrivare l'acqua esterna, orizzontalmente per tutto il suo spessore, e riempire lo strappo così creato con materiale impermeabile e capace di resistere al carico statico originale imposto dall'alto sulla muratura tagliata.

Si tratta di un metodo molto invasivo e perciò poco gradito soprattutto nel caso degli edifici storici, poiché si possono verificare lesioni o assestamenti della struttura: è eseguito dunque solo in casi estremi, anche perché la sua efficacia è di durata variabile.

b. Le barriere a iniezione vengono effettuate interrompendo la salita dell'acqua introducendo per gravità o sotto pressione liquidi chimici – generalmente resine occludenti – alla base del muro. Essi funzionano su due principi o una combinazione dei due: fisicamente intasando i capillari oppure creando idrorepellenza al loro interno.

L'efficacia dipende dalla percentuale di intasamento, dalle modalità di applicazione, dal tipo e dalla qualità del prodotto. Pertanto producono indubbiamente benefici da un punto di vista statico, ma difficilmente riescono a garantire una distribuzione omogenea all'interno della muratura per realizzare nella stessa uno strato impermeabile continuo e uniforme, che interrompa definitivamente la risalita capillare.

c. Il taglio chimico rappresenta una soluzione intermedia tra le due precedentemente elencate. Esso non comporta un vero e proprio taglio nel muro, ma una barriera chimica che evita la risalita dell'acqua per capillarità formando chimicamente alla base del muro uno strato repellente l'acqua, tramite l'iniezione di un liquido idrofobizzante, ovvero in grado di non assorbire e non trattenere l'acqua al suo interno.

Generalmente vengono utilizzati silicati, i quali però comportano alcuni inconvenienti in quanto sono altamente alcalini e necessitano di anidride carbonica per vetrificare (oltretutto in questo processo il gel si restringe permettendo di nuovo un rischio di risalita). I silicati inoltre causano anche la formazione di sali bicarbonati che si aggiungono agli altri sali già presenti nella muratura. Anche in questo caso, l'efficacia del sistema dipende dal tipo, dalla qualità e dalla quantità di prodotto impiegato, nonché dalla competenza con la quale viene eseguita l'installazione.

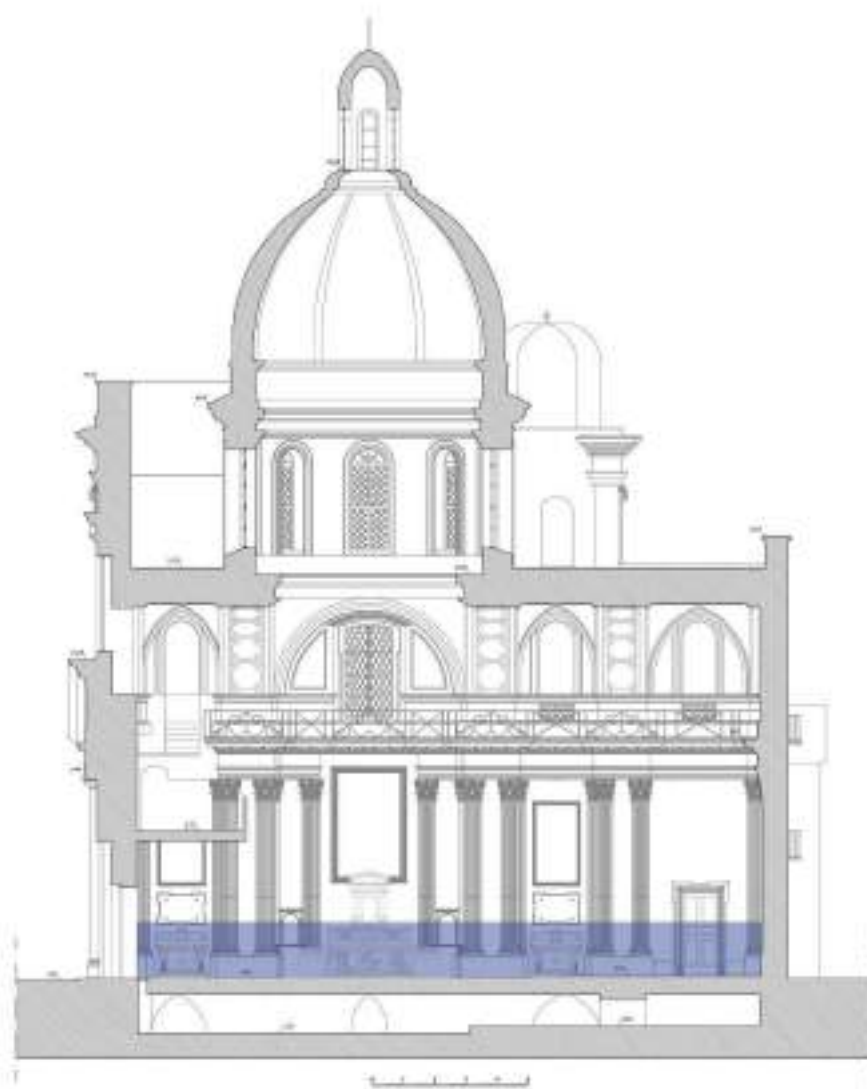
d. L'elettrosmosi attiva e passiva è una tecnica per interrompere la risalita capillare nelle murature che sfrutta la differenza di potenziale elettrico che si instaura tra il sottosuolo e la struttura muraria al di sopra del terreno. Il sistema si basa sull'inversione del flusso elettrico responsabile della risalita dell'umidità: se il trasferimento di acqua comporta il passaggio di corrente elettrica, si parla di elettrosmosi attiva; viceversa se non è previsto il passaggio di alcun tipo di tensione, si parla di elettrosmosi passiva.

L'efficacia del sistema è variabile di caso in caso ed è da valutare attentamente per evitare addirittura un funzionamento al rovescio in presenza di un'alta quantità di sali.

e. L'aereazione preventiva con vespai aerati sfrutta la presenza di questi ultimi, posizionati al di sotto del piano terra, per formare una "camera d'aria" tra il solaio e il terreno, dove disperdere l'umidità tramite aperture di comunicazione con l'aria esterna attraverso i muri perimetrali. In sostanza si presuppone che la sola aerazione creata sotto al solaio sia sufficiente per mantenere asciutti sia il

solaio stesso che i muri, facendo evaporare tutta l'eventuale acqua in risalita, sia dal terreno che dalla muratura.

Il sistema deve essere generalmente eseguito in fase di costruzione e per questo può essere considerato non idoneo per i risanamenti. Inoltre, il contatto della muratura stessa con il terreno rimane pressoché invariato e anzi, la maggiore evaporazione che si verifica sulle superfici murarie ad opera di tali dispositivi favorisce un maggior accumulo di sali sulle superfici stesse, accelerandone il più delle volte il degrado.



Sezione trasversale Chiesa di S. Croce – Livello Umidità di risalita

3.3.4 Il Taglio o Barriera Chimica

Per porre rimedio al fenomeno di umidità di risalita a cui è soggetto l'edificio religioso, in fase progettuale, sulla scorta dei sopralluoghi effettuati, della tipologia di muratura rinvenuta, della consulenza di operatori specializzati, si è ritenuto di optare, quale metodo di intervento più efficace da utilizzare per la risoluzione e/o mitigazione della problematica, è quello della **realizzazione di un TAGLIO O BARRIERA CHIMICA**, a cui affiancare ulteriori interventi e/o opere quali l'utilizzo di intonaci deumidificanti ed operazioni di miglioramento della ventilazione ed areazione dell'ambiente ipogeo.

La tecnica della barriera chimica, che è nata in Inghilterra e che è utilizzata in Italia dall'inizio degli anni Ottanta, si è subito posta come valida alternativa al taglio meccanico. Le prime barriere chimiche venivano eseguite con il metodo per caduta ovvero la soluzione di resine siliconiche, contenuta in piccoli flaconi appesi all'esterno, veniva fatta percolare all'interno della muratura attraverso i fori (che avevano un diametro superiore ai 10 mm) precedentemente eseguiti. Inoltre le resine siliconiche dell'epoca venivano miscelate con solventi e non come quelle attuali con l'acqua.

La barriera chimica viene creata eseguendo nella muratura, a una quota di poco superiore (5-10 cm) rispetto a quella del terreno, dei piccoli fori (di diametro 10 mm, di profondità 5-10 cm inferiore allo spessore della muratura e con interasse di 10 cm circa), nei quali viene iniettata una soluzione a base di resine siliconiche. Il termine "resine siliconiche" viene ancora ampiamente utilizzato per identificare questa tipologia di materiali, anche se di fatto la soluzione più utilizzata si ottiene miscelando con l'acqua un concentrato di "silani monomeri idrorepellenti", senza l'ausilio di solventi o diluenti. La soluzione iniettata risulta quindi atossica, inodore (dopo qualche ora) e non infiammabile.

Grazie ad una adeguata pressione, le resine siliconiche si distribuiscono in modo omogeneo per tutto lo spessore della muratura, andando a saturare i capillari dei suoi materiali costituenti. In questo modo si riesce a creare uno strato di muratura completamente impermeabile e viene di fatto impedito, all'umidità presente nella porzione interrata, di risalire.

La barriera chimica può essere eseguita su murature di qualsiasi tipologia e materiale (mattoni pieni in laterizio, blocchi semipieni e forati in laterizio, pietre e sassi, blocchi di tufo, calcestruzzo pieno, blocchi in calcestruzzo,... e possibili combinazioni) e di qualsiasi spessore (quando la disponibilità delle aree di intervento lo consentono, per murature di spessore superiore ai 100 cm, è consigliabile operare da entrambi i lati).

Inoltre può essere eseguita indifferentemente dal lato esterno o dal lato interno della muratura e sia prima che dopo la rimozione degli intonaci ammalorati.

La durata della barriera chimica (ovviamente se correttamente eseguita) si ritiene prossima alla vita utile degli intonaci (applicati sulle medesime murature in assenza di umidità di risalita), dal momento che la sua efficacia non si riduce sensibilmente nel tempo (meno del 10% in dieci anni).

3.3.5 Interventi Pregressi

L'intervento della realizzazione della barriera chimica appare, dall'esame dello stato dei luoghi, che sia già stato messo in opera sulle murature interne dell'edificio religioso, per la presenza riscontrata sulle pareti di tutta una serie di perforazioni eseguite orizzontalmente al di sopra del rivestimento in marmo. L'intervento dovrebbe essere stato eseguito negli interventi a cui è stato oggetto l'edificio nell'ultimo decennio del secolo scorso, ma il dubbio sull'esecuzione resta per molteplici fattori:

- Non è stato possibile reperire alcuna documentazione, negli atti contabili degli interventi pregressi, di tale tipologia di opera (gli atti contabili riportano esclusivamente perforazioni ed iniezioni cementizie);
- Le analisi chimiche condotte dalla "Tecno In" in corrispondenza del taglio chimico hanno rilevato, solo all'interno di un carotaggio eseguito, tracce (quantità minime) di silicati e/o prodotti chimici che, se rilevate in quantità "significative", avrebbero di contro "provato" l'esecuzione dell'intervento;
- La posizione delle perforazioni riscontrate (che dimostrerebbero l'esecuzione dell'intervento) non è quella da prassi (ossia a pochi centimetri dal piano di calpestio), ma ad un'altezza superiore, di circa 100-120 cm dal calpestio, il che non avrebbe potuto garantire la completa efficacia dell'intervento.

Per quanto sopra, alla luce dello stato attuale delle murature e degli elementi lapidei, che presentano fenomeni di degrado ancora in atto, si può affermare che l'intervento, le cui tracce sono presenti sulle pareti interne della chiesa, o sia stato non correttamente eseguito, o sia stato eseguito utilizzando prodotti non idonei o insufficienti per la tipologia delle murature.



Interno Chiesa : perforazioni



Particolare delle perforazioni

3.3.6 Fasi di Intervento – Lavorazioni ed opere preliminari

L'intervento di realizzazione di una barriera chimica orizzontale può risultare sicuramente valido ed efficace, nella risoluzione del problema dell'umidità di risalita, a condizione di una precisa e corretta esecuzione e di una idonea qualità e quantità di prodotto da utilizzare in rapporto alla struttura della muratura da salvaguardare.

La corretta modalità di messa in opera dell'intervento prevede una esecuzione continua e lineare, senza salti e/o interruzioni, in quanto eventuali discontinuità potrebbero creare dei punti di "passaggio" dell'umidità e dei sali in essa contenuti, verso le strutture adiacenti.

Tale modalità di esecuzione, che bisognerà necessariamente rispettare, nel nostro edificio solleva la necessità di affrontare problematiche esecutive:

1. L'area interessata dalla lavorazione (circa 10/15 cm dalla quota di calpestio) risulta rivestita da una zoccolatura in marmo composta da lastre di marmo bardiglio, poggiate su una zoccolatura in marmo bianco carrara.
2. Le pareti oggetto di intervento sono parzialmente occupate dall'ingombro degli altari in marmo.

Per quanto sopra evidenziato, per procedere alla realizzazione della barriera chimica orizzontale, bisognerà necessariamente eseguire una serie di lavorazioni propedeutiche, al fine di rendere le aree di intervento completamente "libere":

1. Smontaggio del rivestimento in marmo;
2. Smontaggio degli altari in marmo;

3.3.7 Analisi Costi benefici

Nel paragrafo precedente abbiamo evidenziato come l'esecuzione della barriera chimica richieda di poter lavorare su superfici di intervento completamente "libere", al fine di rendere l'esecuzione dell'intervento quanto più lineare ed uniforme possibile.

Questo richiede lo smontaggio della zoccolatura in marmo e lo smontaggio degli altari, operazioni che se per il rivestimento in marmo non destano particolari problematiche, di contro, lo smontaggio degli altari rappresenta un'operazione alquanto complessa e onerosa. Per tale motivo ci si è dovuto preliminarmente porre il problema di effettuare una valutazione "costi / benefici" dell'intervento in relazione alle opere da eseguire e sulle conseguenze da affrontare.

La valutazione meramente economica ha evidenziato che le opere complementari di smontaggio necessarie a "liberare" le pareti per l'esecuzione della barriera chimica hanno un costo pari a più del triplo di quello prettamente necessario all'esecuzione dell'intervento.

- Realizzazione Barriera Chimica € 20.716,68
- Smontaggio e rimontaggio zoccolatura in marmo e lavorazioni alla muratura: € 24.737,16;
- Smontaggio degli altari in marmo: € 22.318,04 ;
- Rimontaggio degli altari in marmo (ad esclusione delle integrazioni) : € 25.193,08

All'esito di ulteriori considerazioni si è deciso comunque di procedere con lo smontaggio degli elementi lapidei con l'intento di eseguire un'operazione non solo finalizzata all'esecuzione della barriera chimica, ma che apporti benefici e migliorie all'intero intervento (realizzazione di sistema di areazione della parte basamentale delle murature/miglioramenti esecutivi nel restauro degli altari)

Per quanto sopra, lo smontaggio ed il successivo rimontaggio della zoccolatura in marmo dovrà prevedere modalità tali da assicurare una migliore protezione degli elementi lapidei dall'azione di degrado causata dall'umidità di risalita mediante l'utilizzo di sistemi ed opere che possano facilitare eventuali future opere di manutenzione.

Analogamente lo smontaggio (in parte già presente) degli altari di marmo ed il successivo rimontaggio consentirà di ottenere un miglior consolidamento degli elementi potendo, il restauratore, intervenire in maniera ottimale su tutte le superfici. Inoltre, anche in questo caso, saranno previste opere tali da facilitare eventuali future opere di manutenzione.

3.3.8 Smontaggio della zoccolatura e del rivestimento in marmo

Gli effetti dannosi dell'umidità di risalita agiscono e si evidenziano anche sul rivestimento/zoccolatura in marmo e sugli elementi lapidei che costituiscono gli altari, con conseguenze quali:

- Opacizzazione degli elementi lapidei;
- Alterazione cromatica;
- Formazione di salnitro (aloni bianchi sulle superfici)
- Ossidazione dei perni di ancoraggio e fratturazione dei marmi;
- Deformazioni;
- Degrado, Disgregazione e polverizzazione;

A seguito di saggi effettuati sui luoghi, è stata rilevata la presenza di una intercapedine, di larghezza variabile (fino a 7 cm sui pilastri centrali) tra il rivestimento in marmo e la muratura retrostante.

Al fine di mitigare gli effetti dannosi dell'umidità di risalita sugli elementi lapidei della zoccolatura in marmo, lo smontaggio ed il successivo rimontaggio dovrà consentire, con l'ausilio di sistemi ed opere idonee, di "liberare" l'intercapedine esistente tra le lastre di marmo e la retrostante muratura che risulta attualmente parzialmente ostruita dalla malta di allettamento del rivestimento, migliorando, in tal modo, anche la microcircolazione e ventilazione all'interno dell'intercapedine. Tali accorgimenti permetteranno di raggiungere anche un miglior "isolamento" degli elementi lapidei dalla muratura e di conseguenza dall'aggressione dei sali.

Al fine di ottenere le migliorie di cui sopra, il progetto prevede la messa in opera di un sistema di rimontaggio del rivestimento in marmo **"a secco"**, che esclude l'utilizzo di malta e collanti (del tipo facciata ventilata), mediante l'utilizzo di ancoraggi a cui è demandata la duplice funzione di antiribaltamento delle lastre di marmo e di favorire (non essere di ostacolo) una microcircolazione e ventilazione nell'intercapedine.

Al fine di favorire la microcircolazione e la ventilazione di aria si dovrà procedere, necessariamente, all'esecuzione di piccole feritoie (prese d'aria) sulle lastre stesse, da eseguire nei punti ed angoli ove risultino meno visibili.



Saggi effettuati - intercapedine



Danneggiamenti da perni ossidati

Lavorazioni da eseguire:

1. Smontaggio dello zoccolino in marmo bianco carrara (ove presente);
2. Smontaggio delle lastre in marmo bardiglio e messa a nudo della muratura;
3. Spicconatura di muratura incoerente e/o in fase di distacco- opere di rettifica;
4. Sigillatura di eventuali crepe o lesioni presenti sulla muratura- stilatura dei giunti;
5. Trattamento desalinizzante della muratura sottostante;
6. Realizzazione delle perforazioni;
7. Posa in opera dell'emulsione idrofobizzante;
8. Rettifica del supporto murario;
9. Posa in opera dei sistemi di ancoraggio delle lastre di marmo;
10. Pulitura e consolidamento delle lastre di marmo;
11. Rimontaggio dello zoccolino con malte prive di cemento;
12. Rimontaggio delle lastre di marmo bardiglio;
13. Pulizia e Lucidatura finale del rivestimento in marmo;

3.3.9 Sistema di rimontaggio “a secco” del rivestimento in marmo

Il sistema di rimontaggio delle lastre in marmo individuato è quello della tipologia “a secco” che utilizza procedure ed elementi propri dei sistemi delle facciate ventilate.

Gli elementi di ancoraggio da utilizzare saranno del tipo “puntiforme” e fanno ricorso a staffe di varie tipologie in acciaio inox (tipo staffa “Fischer F10”), corredate da una serie di accessori e conformate in relazione alle situazioni applicative. Tali staffe realizzano il collegamento tra il punto di ancoraggio delle lastre e il punto di fissaggio al supporto, cioè il fissaggio alle pareti o alla struttura, permettendo nel contempo la regolazione per l’aggiustaggio della verticalità e degli allineamenti delle lastre. Nel nostro caso gli ancoraggi dovranno assicurare PREVALEMENTE l’antiribaltamento delle lastre, avendo demandato, allo zoccolino in marmo bianco venato, la funzione di sostegno del peso proprio della lastra (come avviene del resto nella situazione attuale).

Il sistema di aggancio del rivestimento al supporto dovrà tenere dovrà contemplare l’esigenza di accedere all’intercapedine con semplici manovre ed avverrà, pertanto, utilizzando diverse tipologie a secondo della funzione da assolvere:

1. mediante un perno inseribile SOTTOSQUADRO nel corrispondente foro NON PASSANTE predisposto sulle superfici delle lastre.
2. mediante perni (pioli) inseribili nei corrispondenti fori predisposti nei bordi di due lastre per consentirne un aggancio “in coppia”.
3. mediante un perno inseribile nel corrispondente foro PASSANTE predisposto nei bordi delle lastre e che corrisponderà ai punti di accesso all’intercapedine.
4. Realizzazione di foro passante di areazione e ventilazione

1) SISTEMA CON TASSELLO SOTTOSQUADRO

In questo tipo di soluzione diventa importante la scelta del corretto tassello di ancoraggio alla lastra, che ha il compito di trasferire direttamente al supporto tutte le azioni (in particolare di antiribaltamento) derivanti dal rivestimento lapideo. Il sistema di ancoraggio prescelto, in questo caso, è il sistema “FZP II della Fischer” con espansione geometrica sottosquadro, che è caratterizzato dall’impiego di dispositivi di fissaggio, detti ancoraggi a scomparsa ad espansione geometrica controllata, appositamente studiati per non indurre sollecitazioni nella massa del materiale lapideo durante il loro serraggio. L’ancorante prescelto risulta completamente invisibile in quanto posizionato nel retro della lastra attraverso un foro sottosquadro non passante, con la particolarità NON TRASCURABILE, di essere realizzabile **ANCHE IN CANTIERE** attraverso la speciale punta diamantata “Fischer FZP B”.

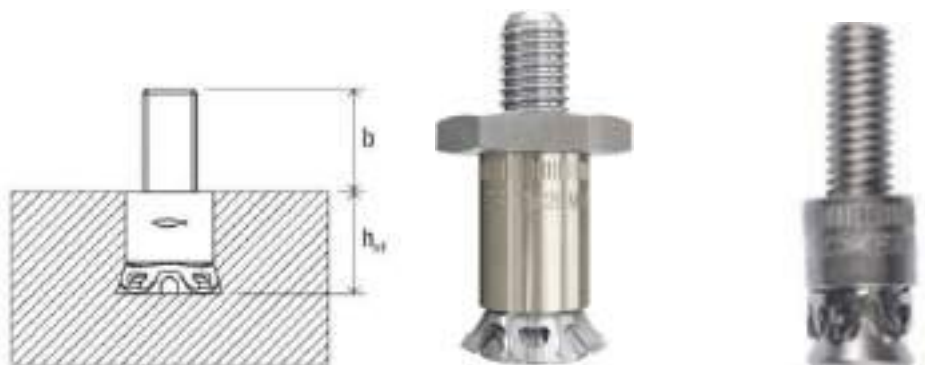
La speciale geometria a sottosquadro del tassello ha il vantaggio di non indurre alcuna tensione sul materiale. Questa tecnologia può essere applicata su numerosi materiali di rivestimento, con diverse consistenze, proprietà, spessori e dimensioni. È possibile ottenere carichi quattro volte maggiori rispetto ai tradizionali sistemi di aggancio sui bordi e di conseguenza ottenere anche la diminuzione dei carichi sullo zoccolino sottostante.

I tasselli inseriti nel retro lastra, ottimizzando il comportamento statico della lastra stessa e riducendo di circa il 50% il momento flettente, sono ideali per essere utilizzati su lastre di grandi dimensioni.

L’ancorante “fischer FZP II “ è certificato per tutte le pietre naturali secondo EN 1469.

Dati tecnici

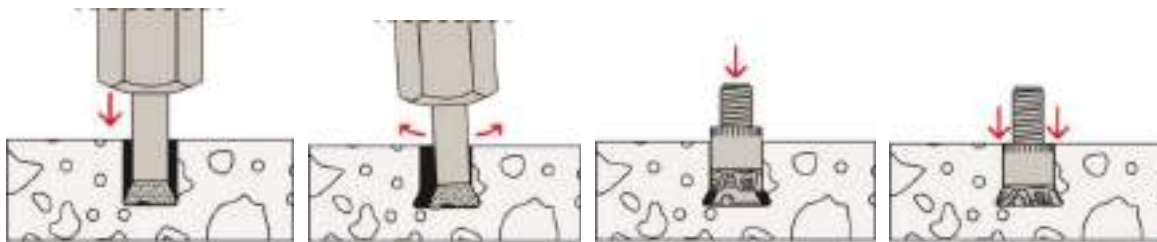
Filettatura	M	M8	
Profondità di ancoraggio	h_{ef}	15 - 21	[mm]
Ø taglio sottosquadro		15,5	[mm]



Tassello FZP II FISCHER

Montaggio

- La scelta del tassello dipende dello spessore di lastra, e del tipo di pietra utilizzata.
- Per l'applicazione del tassello FZP-II è necessario un foro sottosquadro con le caratteristiche dimensionali prescritte da Fischer.
- Il foro può essere effettuato con la macchina foratrice Fischer o presso un centro di foratura.
- L'installazione del tassello nella lastra avviene tramite un percussore FZE plus scelto secondo il diametro del tassello.
- La foratura e il montaggio nelle lastre sono possibili in stabilimento o in cantiere.
- Verificare il foro con gli appositi strumenti di controllo Fischer.



Dettaglio geometria foratura NON PASSANTE della lastra da eseguire con punta diamantata Fischer FZBP



FISCHER F10



FISCHER F3D



Staffa tipo Z in acciaio inox reperibile in commercio e/o realizzabile in cantiere

Staffa puntuale di ancoraggio F10 da utilizzare per intercapedini di spessore cm 5 o superiore e staffa F3D per intercapedini minime

L'operazione di ancoraggio delle lastre si completerà collegando il tassello sottosquadro (FZP-II) alla staffa di ancoraggio (F10 e/o F3D) precedentemente fissata alla muratura di supporto mediante tasselli ad espansione e/o mediante ancoraggi chimici, la cui scelta sarà in funzione della "qualità" della muratura rinvenuta.

N.B.: INDICAZIONI PER LA POSA IN OPERA

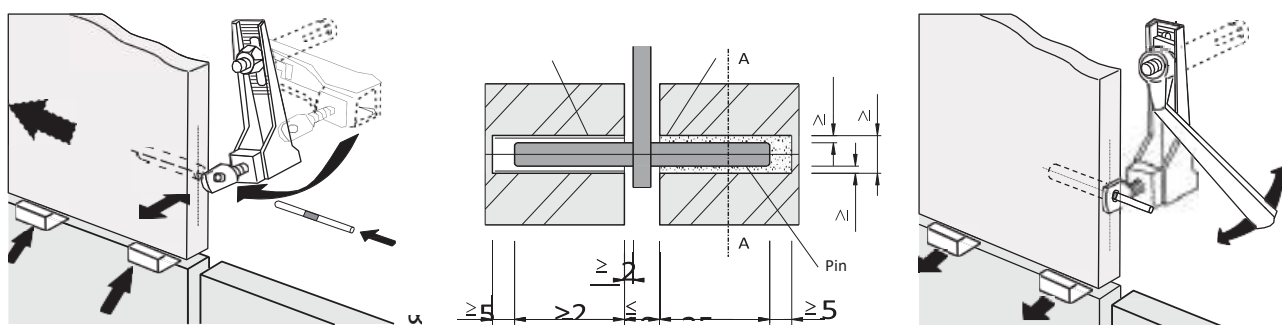
1. Poiché le staffe puntuali hanno prevalentemente lo scopo di assicurare l'antiribaltamento delle lastre in marmo, per particolari esigenze di cantiere, dovute anche al rinvenimento, a seguito della messa a nudo dell'intercapedine, di spessori della stessa differenti e sempre variabili da quelli rilevati nei saggi effettuati e/o per difficoltà di reperimento e/o fornitura dell'elemento prescelto, le staffe indicate potranno essere realizzate in cantiere, in acciaio inox e di dimensioni e tipologia simili al modello indicato.
2. Inoltre, in caso di accoppiamento del tassello sottosquadro alla staffa puntuale "F10 e/o F3D", la filettatura della staffa deve essere eliminata al fine di ottenere un foro "passante", in alternativa sia il tassello sottosquadro che la staffa puntuale possono essere fissati direttamente alla lastra di marmo e successivamente "agganciati al supporto" dove una barra filettata sarà stata già predisposta a ricevere l'ancoraggio.
3. In alternativa agli elementi indicati e prodotti dalla "FISCHER" è possibile utilizzare la staffa puntuale tipo "BA-1308" del sistema "HALFEN".

2) SISTEMA AGGANCIO IN COPPIA

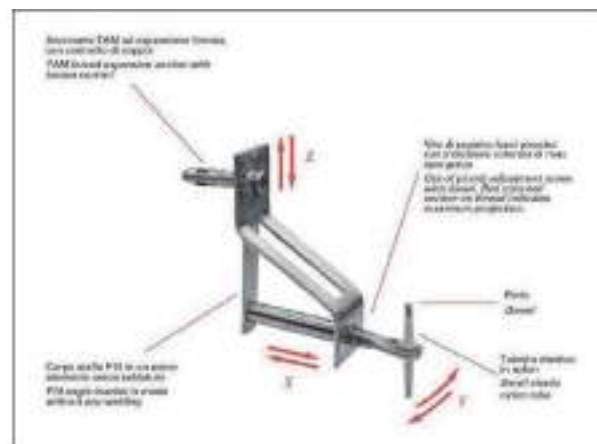
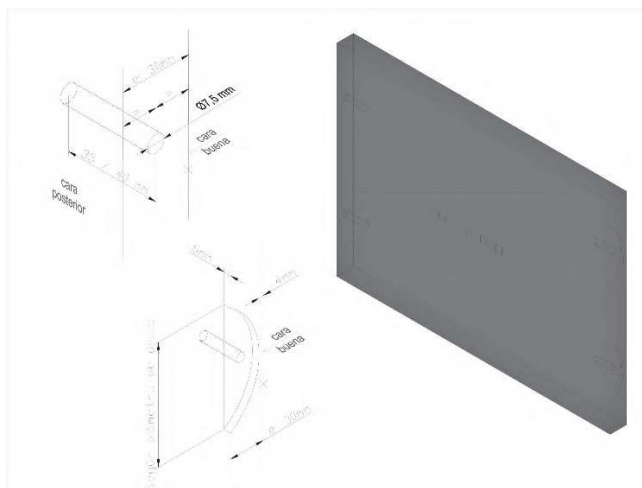
La soluzione prescelta consente l'ancoraggio di due lastre in posizione complanare mediante foratura sui bordi delle lastre ed inserimento di sistema di aggancio a mezzo di pioli, staffa tipo "Fischer F10" e vite a testa schiacciata tipo "Fischer FHS" e/o alternativamente staffa "BA-1308 Halfen".

L'utilizzo di tale sistema consente anche la regolazione orizzontale del fuori piombo.

Al fine di ridurre la fuga tra le due lastre, per la presenza dello spessore della testa della vite FHS, è possibile procedere ad uno "scollo" del bordo della lastra, da realizzare anche in cantiere a mezzo di smerigliatrice.



Schema installazione accoppiamento di due lastre in posizione complanare con utilizzo di staffe "BA-1308 Leviat" o alternativamente staffe "Fischer F10 e vite FHS"



Lavorazione “a scollo” del bordo della lastra per eliminare la fuga dovuta allo spessore della vite FHS



Ancoraggio tipo staffa Fischer F10 accoppiata a vite a testa schiacciata Fischer FHS

3) SISTEMA CON PERNO PASSANTE - PUNTO DI ACCESSO ALL'INTERCAPEDINE

I sistemi sopra riportati numero 1 e 2 sono del tipo “a scomparsa” non visibili dall'esterno e che consentono lo smontaggio delle lastre dagli ancoraggi a patto di avere un accesso agli ancoraggi stessi.

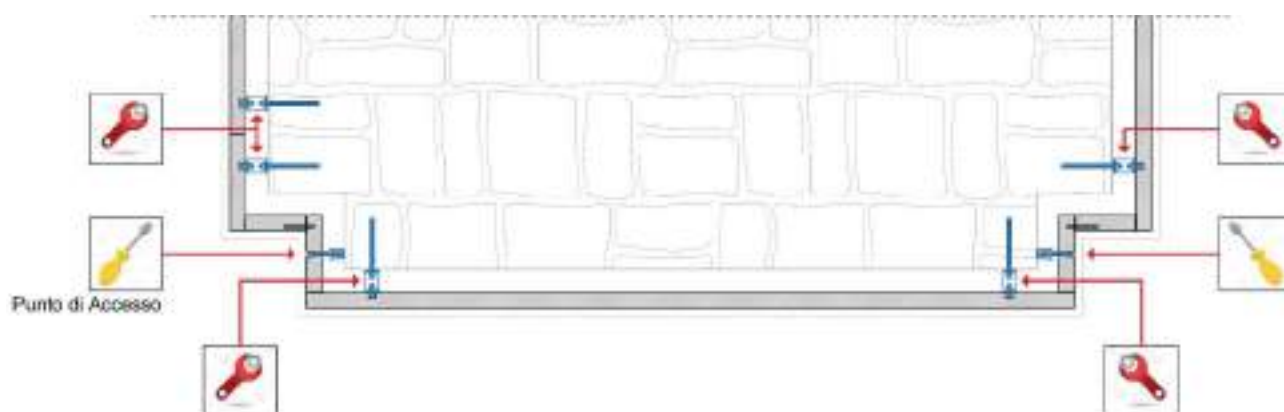
Per quanto sopra si rende necessario avere dei punti di accesso all'intercapedine immediatamente individuabili e che consentano una semplice rimozione della lastra di accesso all'intercapedine stessa.

Pertanto sono stati individuati punti del rivestimento in marmo che, per posizionamento (ad angolo), risultano meno visibili. Questi punti, sono costituiti da pannelli di marmo di ridotte dimensioni (circa cm 20 x 60) che verranno accoppiati in modo da renderli solidali e consentirne, in tal modo, la

rimozione in blocco. Le lastre del blocco d'angolo verranno rese solidali mediante l'unione delle due lastre a mezzo di forature sui lati non a vista ed inserimento di barre in vetroresina e collanti.

Il blocco verrà forato in maniera passante, avendo cura di realizzare una svasatura del foro stesso sulla faccia a vista al fine di contenere la testa della vite o perno di ancoraggio alla retrostante staffa F10.

La testa della vite sulla superficie a vista della lastra, consentirà la rimozione in maniera semplice del blocco d'angolo (mediante semplice svitamento) la testa della vite di ancoraggio e la foratura verranno "occultati" alla vista mediante stuccatura con collanti e polveri di marmo bardiglio.



Schema intervento tipo per realizzazione punti di accesso all'intercapedine – pilastro centrale

4) AREAZIONE DELL'INTERCAPEDINE

Al fine di consentire l'areazione e la micro-ventilazione dell'intercapedine esistente tra le lastre del rivestimento in marmo e la muratura retrostante, si rende necessario procedere a forature passanti da realizzare sulle lastre stesse.

I punti di areazione verranno realizzati, anche in questo caso, negli angoli formati dal rivestimento ed in punti non direttamente visibili.

L'intervento si completerà con l'inserimento, sul retro del foro, di una lamiera forata in ottone.

3.3.10 Realizzazione della Barriera Chimica Orizzontale

La barriera chimica è quella tecnica che consiste nell'iniezione di formulati chimici all'interno della muratura, in grado di creare una "barriera orizzontale" contro la risalita di umidità.

Oltre a "bloccare" l'umidità al di sotto della zona trattata, tali formulati devono raggiungere lo scopo di bloccare i sali trasformandoli in prodotti insolubili, evitando quindi la loro migrazione all'interno delle strutture.

Prima di realizzare la barriera chimica, è necessario verificare la tipologia della muratura.

In presenza di una muratura a sacco, caotica e/o incoerente, bisogna preliminarmente procedere al riempimento di tutte le cavità interne, mediante iniezione di boiacca superfluida a base di calce ed Eco-Pozzolana, esente da cemento.

È fondamentale procedere alla realizzazione della barriera chimica e delle perforazioni, in maniera continua e lineare (secondo la tipologia della muratura), in quanto eventuali discontinuità potrebbero avere come conseguenza il "passaggio", seppur limitato, dell'umidità e dei sali solubili nel punto in cui la barriera chimica non è riuscita a penetrare, andando a danneggiare gli intonaci soprastanti.

Dopo attenta valutazione dello stato dei luoghi, dei saggi effettuati e della tipologia delle murature riscontrata (blocchi di tufo con presenza discontinua di ricorsi e/o rinforzi in mattoni pieni) si ritiene che una profondità dell'iniezione del gel idrofobizzante pari a cm 70, da eseguire su un solo lato della muratura, sia sufficiente a garantire una buona riuscita dell'intervento.

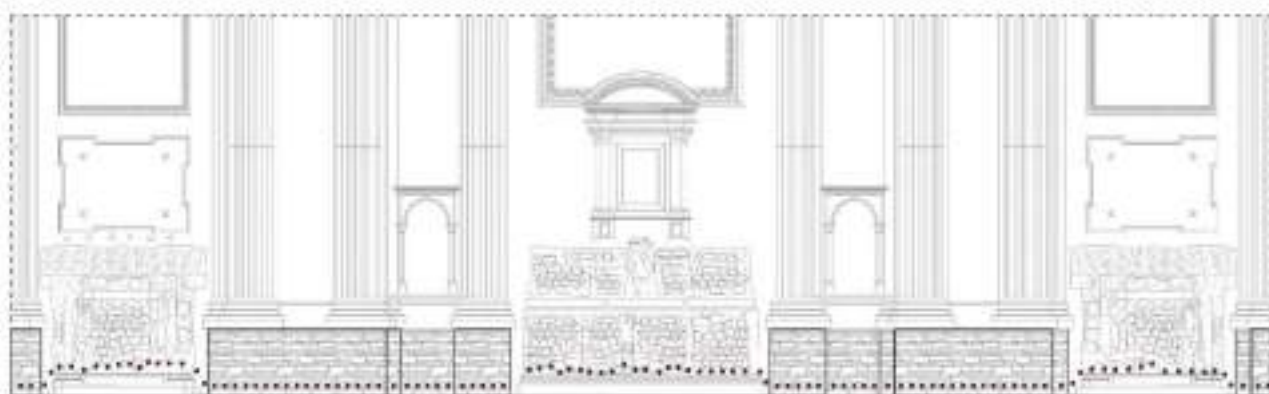
Si ritiene, altresì che, a cantiere in corso ed a seguito dello smontaggio della zoccolatura e messa a nudo delle strutture oggetto di intervento, si possa valutare la possibilità, per quelle murature per le quali sia possibile intervenire su più lati, e che dovessero evidenziare una maggiore aggressione e degrado causato dall'umidità di risalita (per posizione, composizione e/o geometria della muratura) possa essere di maggior beneficio eseguire le perforazioni e l'iniezione del gel idrofobizzante su entrambi i lati della muratura (si veda ad esempio per le pareti "comuni" della zona sacrestia/presbiterio/navata)

3.3.11 Modalità di posa in opera:

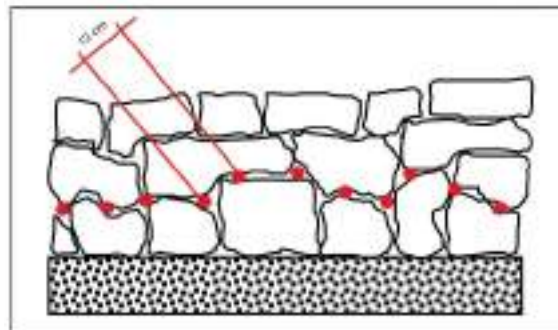
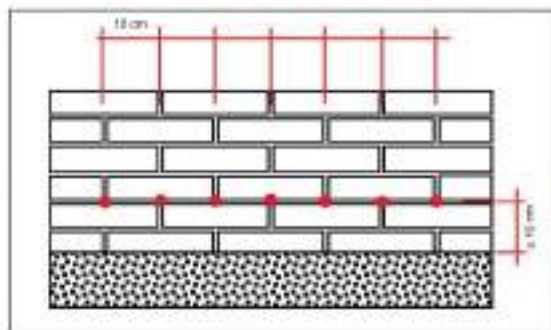
1. Stuccare e "sigillare" tutte le eventuali fessure e discontinuità presenti sul paramento murario, che possano determinare la fuoriuscita della boiacca.
2. Praticare dei fori, mediante trapano a rotazione, leggermente inclinati verso il basso di 5°-10°, di diametro di 12 mm e distanziati tra di loro non più di 12 cm, su un solo piano, ad almeno 10 cm oltre la quota del terreno. La profondità delle perforazioni dovrà essere, in ogni caso, inferiore di ca. 5 cm rispetto allo spessore totale del muro. Per le murature in mattoni, blocchi o pietra regolare, realizzare i fori orizzontalmente nei corsi di malta. Nei supporti composti da pietre irregolari o pietrisco, praticare i fori seguendo il corso di malta con un andamento il più possibile lineare. In presenza di elementi costruttivi fortemente porosi è possibile eseguire i fori direttamente negli stessi.
3. Depolverizzare i fori con aria compressa, al fine di rimuovere polvere e residui di materiale incoerente.

4. Iniettare il prodotto idrofobizzante riempiendo i fori (lasciare 2 cm di spazio per chiudere con malta i fori)
5. Procedere alla "sigillatura" di ciascun foro.

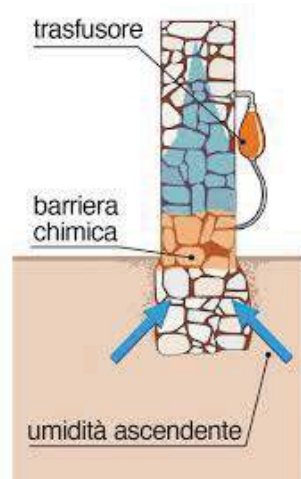
Trascorse 24-48 ore dalla realizzazione della barriera chimica, bisognerà attendere un periodo di tempo di circa una settimana, in modo da favorire l'evaporazione dell'umidità presente nella parte soprastante alla zona dove è stato effettuato l'intervento. Tale intervallo di tempo è in funzione del tenore di umidità presente nel paramento murario, del suo spessore e dei materiali che lo costituiscono, nonché della ventilazione e dell'irraggiamento solare ai quali è sottoposta la struttura. Inoltre, bisognerà attendere un periodo di tempo di 3-4 settimane, in modo da favorire l'evaporazione dell'umidità presente nella parte soprastante la zona dove è stato effettuato l'intervento, prima di procedere con l'applicazione di intonaco necessario alla regolarizzazione del supporto.



Schema modalità corretta di esecuzione di barriera chimica su muratura in mattoni e/o muratura in pietrame



Modalità di esecuzione intervento barriera chimica su muratura in mattoni e muratura in pietrame



Schema funzionamento barriera chimica

4. RESTAURO DELLE PARETI INTERNE

4.1 PREMESSA

Il progetto attuale si prefigge lo scopo di portare a completamento il restauro delle pareti interne dell'edificio religioso che, unitamente al restauro degli altari e delle balaustre in marmo, consentirà di riportare gli interni dell'edificio alle condizioni originarie.

La composizione interna delle pareti dell'edificio religioso è caratterizzata dalla presenza di una zoccolatura in marmo che corre lungo tutto lo sviluppo planimetrico della navata centrale, del deambulatorio, del presbiterio e dell'altare maggiore, ed è a sua volta sormontata da basi e cornici sagomate in marmo bianco che fungono da basamento a sua volta sormontato da paraste dipinte con finto marmo rosso di Verona, scanalate e sormontate da capitelli corinzi in stucco bianco e decorazioni dorate.

La porzione delle sopra descritte pareti interne, per una fascia di circa mt 2.00 dal piano di calpestio, non è stata interessata dai lavori di consolidamento statico e restauro, di cui la Chiesa di S. Croce è stata interessata negli anni pregressi e pertanto si presentano in un grave stato di degrado.



Chiesa S. Croce – Interni



Particolare zoccolatura e paraste

4.2 Individuazione delle cause del degrado

L'intonaco delle paraste e la sovrastante finitura a marmorino si presentano fortemente degradate sicuramente per effetto di umidità di risalita, ma anche per interventi di ritocchi e "rappezzi" condotti negli anni pregressi con prodotti, tecniche e materiali non idonei.

Infatti ad una più attenta analisi delle superfici e del degrado risulta facilmente individuabile la linea di demarcazione tra intonaci originari (nella parte superiore delle paraste) e i "rappezzi effettuati, che, tra l'altro, sono facilmente individuabili in quanto si presentano affetti da un degrado più marcato.

Ad aggravare lo stato di degrado, che ha comportato distacco e caduta degli intonaci, è anche l'utilizzo di chiodi in ferro, utilizzati quali "armatura" degli intonaci dei "rappezzi" effettuati, con conseguente ossidazione del ferro, e cause conseguenti quali fessurazione e cadute di intonaco.

Inoltre gli intonaci delle pareti e delle paraste sono state oggetto di interventi condotti negli anni pregressi ai quali non è stata posta in opera alcuna opera di ripristino.

Per quanto sopra la porzione di pareti e paraste, immediatamente al di sopra della zoccolatura basamentale in marmo, presentano ancora oggi i fori delle perforazioni eseguite e poi sigillate con "tappi" in cemento, per i quali si dovrà procedere necessariamente alla rimozione mediante semplice spicconatura.



Paraste interne: In evidenza la linea di demarcazione tra i diversi materiali utilizzati – presenza di "armature" con chiodi



Pareti interne: stato di degrado degli intonaci di pareti e paraste

4.2 Interventi da eseguire:

La prima operazione da eseguire è quella di una “mappatura” e rilievo delle superfici oggetto di intervento e che saranno oggetto di lavorazioni da eseguire da parte di personale specializzato.

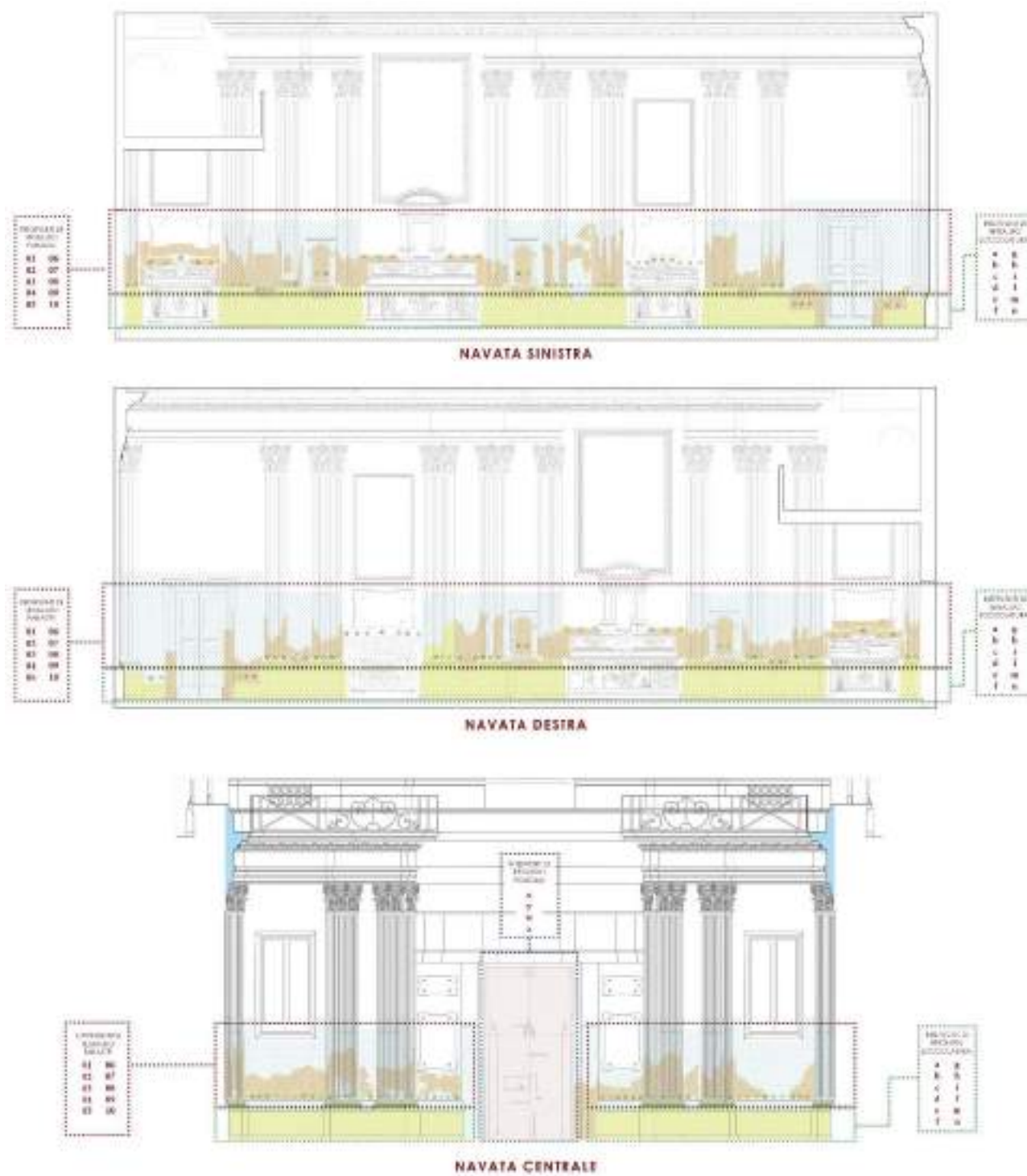
Prima di procedere alle successive lavorazioni, verranno preliminarmente eseguiti alcuni tasselli stratigrafici al fine di evidenziare le principali caratteristiche stratigrafiche e cromatiche delle finiture presenti sulle superfici.

Una volta delimitate le porzioni di intonaco che dovessero evidenziarsi come non più recuperabili, in quanto fortemente degradate e/o incoerenti per composizione agli intonaci originari (vedasi i rappezzi su colonne e paraste e i “tappi” di cemento per i quali in precedenza si è relazionato), si procederà con la rimozione, a mezzo di semplice spicconatura, da eseguirsi con la massima cautela al fine di non arrecare danni alle superfici da salvaguardare.

Rimosso l’intonaco e messa a nudo il supporto si procederà alla messa in opera di un trattamento desalinizzante, da applicare principalmente per quelle superfici che dovessero manifestare una maggior presenza di efflorescenze saline, da effettuare, previa rimozione e pulizia delle zone da trattare da residui vari ed incrostazioni, con ripetuti lavaggi con acqua desalinizzata.

Le porzioni di intonaco eliminate sulle pareti verranno reintegrate con intonaco “eco-compatibile” a base di pura calce naturale ed esente da cemento, per le colonne e le paraste sagomate si procederà al reintegro, sempre con intonaco “eco-compatibile” con riproposizione delle sagomature da eseguire a mezzo di “modine” appositamente realizzate con profili identici a quelli originari.

Gli interventi di reintegro si completeranno con la stesura di una finitura (sempre con prodotti eco-compatibili e privi di cemento) preliminare alla tinteggiatura con prodotti a base calce sulle pareti, mentre con una lavorazione a “marmorino” (rosso verona) su colonne e paraste.



Chiesa di S. Croce – Prospetti Pareti Interne – Analisi del degrado

5. CONSIDERAZIONI ED INDICAZIONI FINALI

Il presente progetto si prefigge principalmente lo scopo di completare, in particolare per gli interni della chiesa, le opere poste in essere negli interventi che si sono susseguiti fino all'inizio dell'anno duemila.

Le risorse economiche rese disponibili per quest'intervento hanno richiesto, da parte del gruppo dei progettisti, una scelta tra gli obiettivi ed interventi da perseguire tra i molteplici di cui l'edificio (come anche evidenziati nel preliminare progetto di fattibilità), rimasto "chiuso" e privo di manutenzione per più decenni, avrebbe avuto bisogno.

Oltre alla realizzazione di una barriera chimica (necessaria per porre rimedio al degrado causato dall'umidità di risalita), al recupero degli altari in marmo ed al completamento del restauro delle pareti, una piccola parte delle risorse disponibili è stata destinata ad alcuni interventi di messa in sicurezza e mitigazione di alcune delle cause di infiltrazioni di acqua piovana all'interno delle strutture. L'edificio è stato sottoposto in passato ad importanti interventi di consolidamento statico, che hanno comportato un massiccio ricorso all'utilizzo di cemento e cemento armato.

Il cemento, soprattutto quello armato, quando soggetto ad infiltrazioni di acqua ed umidità, dà origine ai noti fenomeni di degrado, causati principalmente dall'ossidazione dei ferri di armatura, con fessurazioni e distacchi. Orbene nel corso dei sopralluoghi effettuati non sono stati riscontrati elementi di criticità in riferimento alla statica dell'edificio, ma i terrazzi e le strutture di copertura hanno rilevato (a seguito di rilievo fotografico eseguito con drone) ampie zone con ristagni di acqua piovana e presenza di vegetazione infestante. Per migliorare il deflusso delle acque piovane dalla copertura e mitigare i fenomeni infiltrativi sono stati previsti piccoli interventi di pulizia e riparazione uniti ad interventi di disostruzione ed aumento della sezione delle pluviali esistenti. Tali interventi, per quanto utilissimi nell'immediato, risultano palesemente insufficienti se rapportati alle superfici dell'edificio religioso.

Per quanto sopra si ritiene di fondamentale importanza eseguire una accurata ispezione delle strutture e superfici sia esterne che interne dell'edificio al fine di ottenere una analisi del degrado che rilevi puntualmente fenomeni che potrebbero dar luogo a distacchi e/o cadute con pericolo per la pubblica incolumità. Intervento di verifica ed ispezione che con le risorse rese disponibili con il seguente intervento non è stato possibile attuare, se non in piccolissima parte e limitatamente a quelle strutture per le quali si è avuta conoscenza per visione diretta e/o a mezzo drone.

Per quanto precedentemente relazionato ci si auspica che l'Amministrazione- Committente riesca a reperire risorse sufficienti per dare corso ad una accurata campagna di ispezione e verifica del complesso delle strutture dell'edificio religioso rimasto "chiuso" e privo di manutenzione per oltre un ventennio, il tutto al fine di una completa e sicura riapertura al pubblico.