

**COMUNE DI SANT'AGOSTINO  
(Provincia di Ferrara)**

**C.M.V. Servizi S.r.l.  
Via B. Malamini, 1 – 44042 Cento (FE)**



**PROGETTO PRELIMINARE DELLE OPERE DI RIPRISTINO  
DEI CIMITERI COMUNALI DI SANT'AGOSTINO  
A SEGUITO DEL SISMA DEL MAGGIO 2012**

[A] Cimitero di Sant'Agostino

RELAZIONE ILLUSTRATIVA  
DEL PROGETTO PRELIMINARE

DISCIPLINARE TECNICO DESCRITTIVO  
E PRESTAZIONALE

RELAZIONE TECNICA

**TiconZero**  
architetti

## **INDICE**

1- DESCRIZIONE STORICA.....	pag. 3
2- DESCRIZIONE MORFOLOGICA E TIPOLOGICA .....	pag. 9
3- PRIME INDICAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	pag. 11
4- DESCRIZIONE DEL DANNO E NESSO CAUSALE COL SISMA.....	pag. 19
5- PRIME INDICAZIONI PROGETTUALI E DISCIPLINARE PRESTAZIONALE. .	pag. 21
6- RELAZIONE TECNICA.....	pag. 29

**Progettista:**  
**TiconZero**  
architetti

Arch. Vittorio Anselmi – 44121 Ferrara – via Baluardi n. 59/b

*collaborazione:*

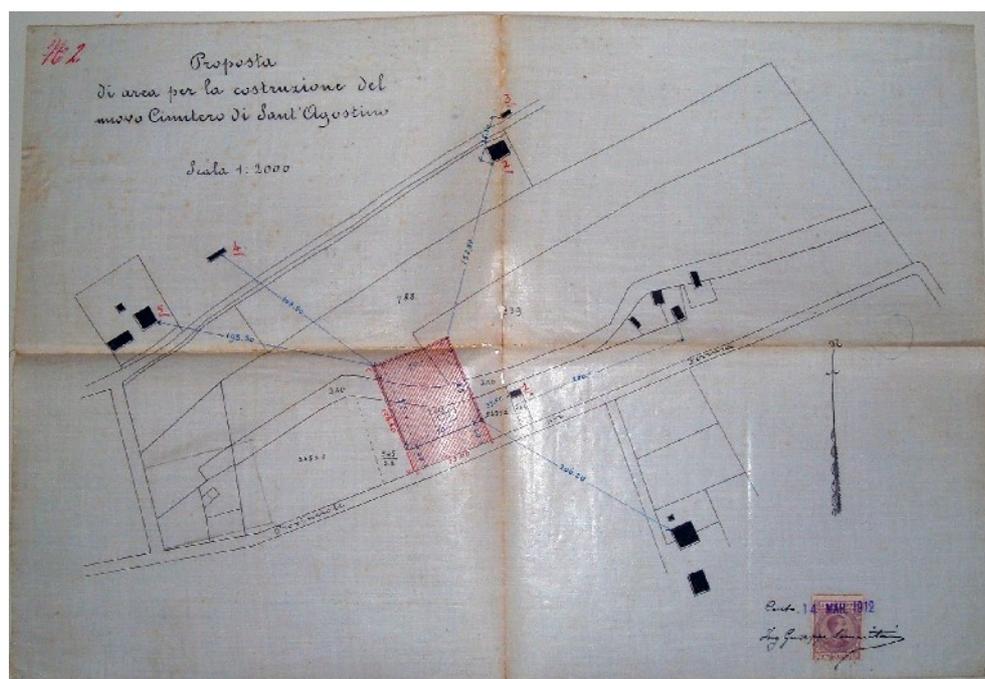
Rilievi:	Geom. Debora Fortini - via Dei Carriolanti, 10 – 44047 Sant'Agostino (FE)
Prog. arch.:	Arch. Nicola Zaltron – via Caduti sul Lavoro 2/B – 31100 Treviso
Prog. Strutture:	Ing. Davide Grandis – Mezzadri Ingegneria – via Mulinetto – Ferrara
Indagini geologiche	Dott. Geol. Corrado Ballotta – via Porta A. Mare n. 9 – 45100 Rovigo

## **1- DESCRIZIONE STORICA\***

Da ricerche effettuate presso l'Archivio del Comune di Sant'Agostino è emerso che in data 14 Novembre 1911 il Consiglio Comunale approvò la proposta, avanzata dalla Giunta, relativa alla necessità di costruire un nuovo cimitero per Sant'Agostino e San Carlo essendo divenuto, quello esistente, troppo piccolo e collocato in posizione troppo centrale rispetto all'abitato.

Si iniziarono quindi ad avanzare proposte per la nuova area da destinare al nuovo cimitero fino alla definizione della stessa all'inizio del 1912 che portò, dopo non poche difficoltà, all'esproprio di beni allora di proprietà del *Sig. Roversi Isidoro fu Carlo* (decreto per l'esecuzione dei lavori e per l'occupazione dell'area pubblica utilità concesso solo in data 25 Settembre 1916).

L'area espropriata fu pari ad una superficie di mq 7774,5 (ovvero mt 73,00 x 106,50) ed era collocata a ridosso della *Strada Provinciale Cento Ferrara* (oggi SP66 ex Strada Statale 255).



### 1. DOCUMENTO D'ARCHIVIO

individuazione dell'area per la costruzione  
del nuovo Cimitero di Sant'Agostino

\* Documentazione fornita da Amministrazione Comunale di Sant'Agostino e da CMV Servizi Srl

Il progetto originario del nuovo cimitero venne redatto dall'Ing. Giuseppe Samaritani e dal Prof. Giuseppe Costa in data 31 agosto 1912 e fu approvato dal Corpo Reale del Genio Civile di Ferrara il 27 agosto 1915.

Tale progetto prevedeva, oltre all'acquisto e alla sistemazione dell'area, la costruzione del muro di cinta, la costruzione di un fabbricato composto da un corpo centrale per la Chiesa e la dipendenze, la realizzazione di due corpi estremi laterali provvisti di Cappellette frontali d'accesso al locale adibito a tumuli Comunali e l'esecuzione di due porticati di collegamento che dovevano dare accesso posteriormente ai tumuli gentilizi che sarebbero poi stati costruiti a spese di privati.

Dal progetto generale originario, il 12 giugno 1917, venne stralciato un primo lotto di lavori che, come descritto nel *Verbale di Visita e Certificato di Collaudo* redatto il 19 Settembre 1922 dall'Ing. Giretti Marco (ingegnere del Genio Civile), riguardarono: *la sistemazione generale dell'area di intervento, la costruzione del muro di cinta, la costruzione del fabbricato dei colombari e della cappella di destra, oltre ad altre opere di abbellimento.*

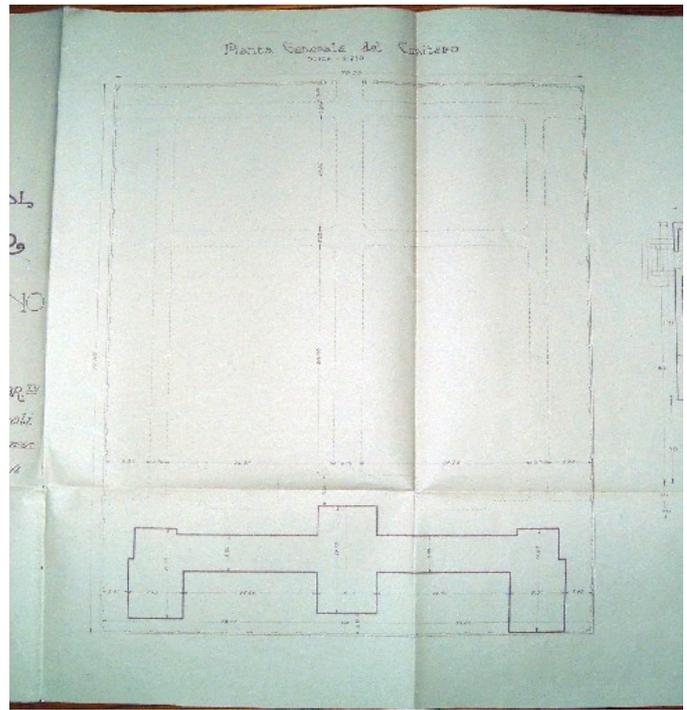
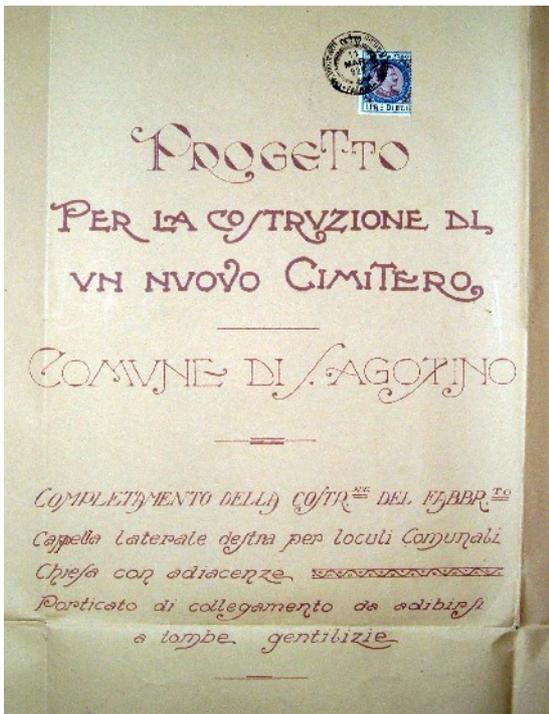
Tali lavori iniziarono il 10 Settembre 1917 e terminarono il 13 Dicembre 1921.

In seguito un atto del Consiglio Comunale del 31/12/1921 deliberò la chiusura del vecchio Cimitero e l'apertura del nuovo Cimitero dal 1° gennaio 1922.

Il progetto che avrebbe dovuto portare alla realizzazione del secondo stralcio di lavori fu rivisto a seguito dell'aumento dei prezzi che con il tempo venne a manifestarsi.

Il nuovo progetto, datato 15 Marzo 1929, e relativo al secondo stralcio di lavori, fu affidato all'Architetto Giacomo Diegoli; egli ricalcò nell'insieme il progetto originario, ma nello specifico apportò modifiche che soddisfarono sia esteticamente che economicamente.

Le variazioni apportate consistettero sostanzialmente nella limitazione dell'area occupata dalla Chiesa, togliendo le navate laterali, nella riduzione delle singole aree relative alle campate dei loculi gentilizi, nell'ampliamento in lunghezza della Cappella laterale sinistra (simmetrica a quella già costruita a destra).

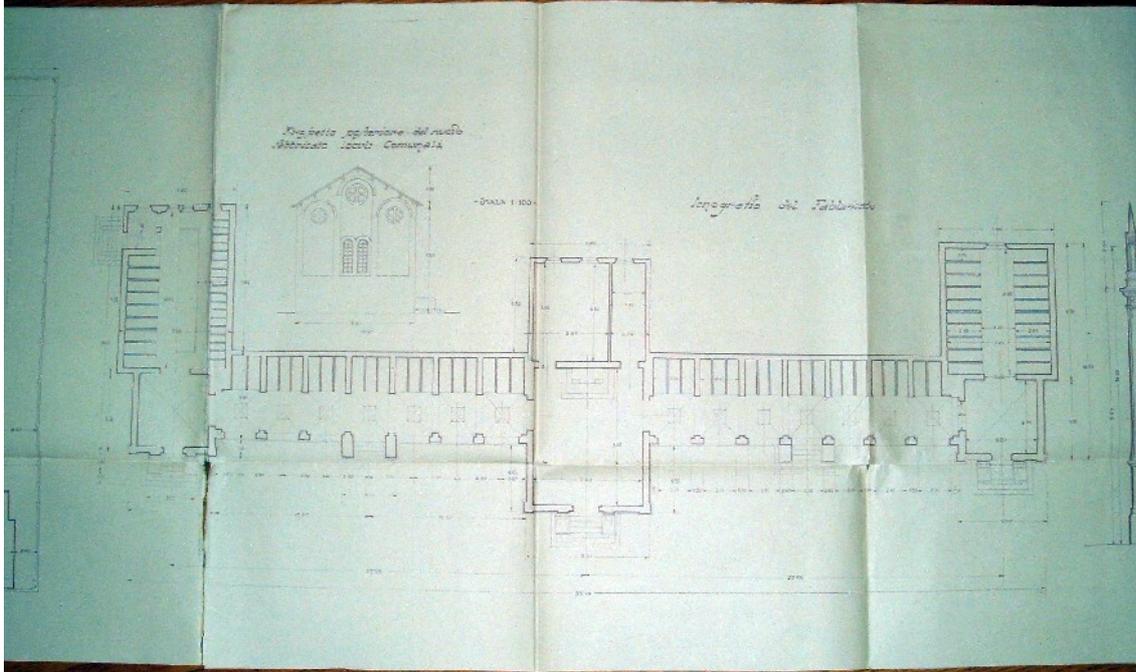


2. DOCUMENTO D'ARCHIVIO

copertina elaborato grafico "piante e prospetti"

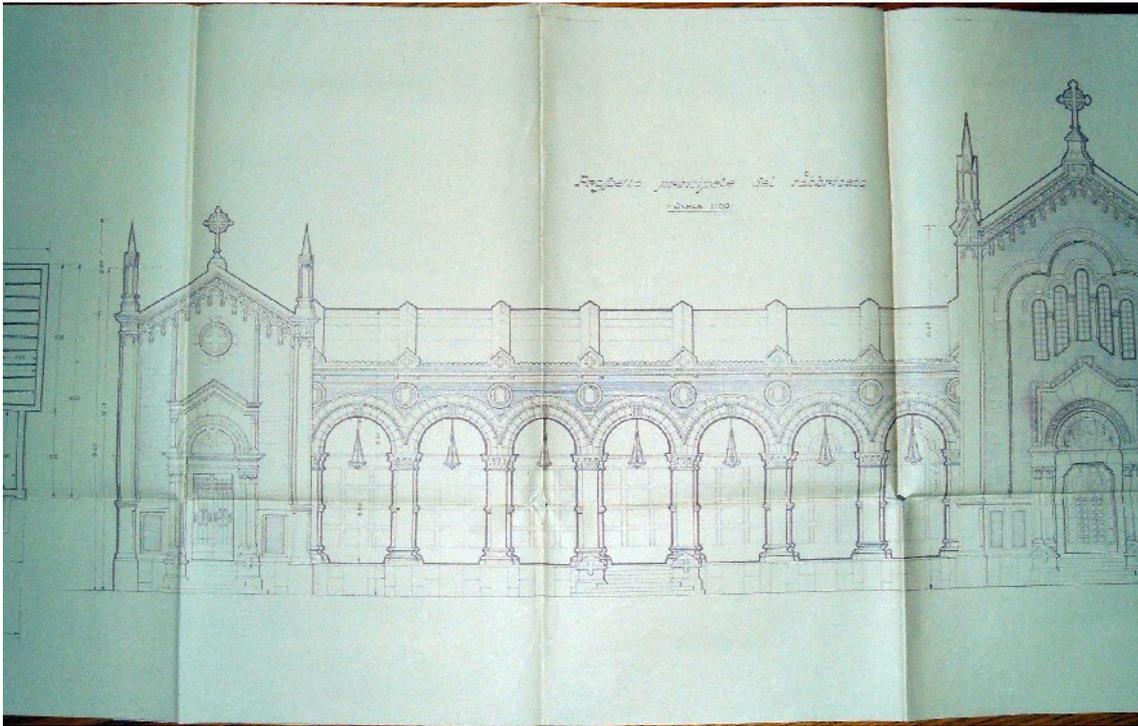
3. DOCUMENTO D'ARCHIVIO

Pianta Generale

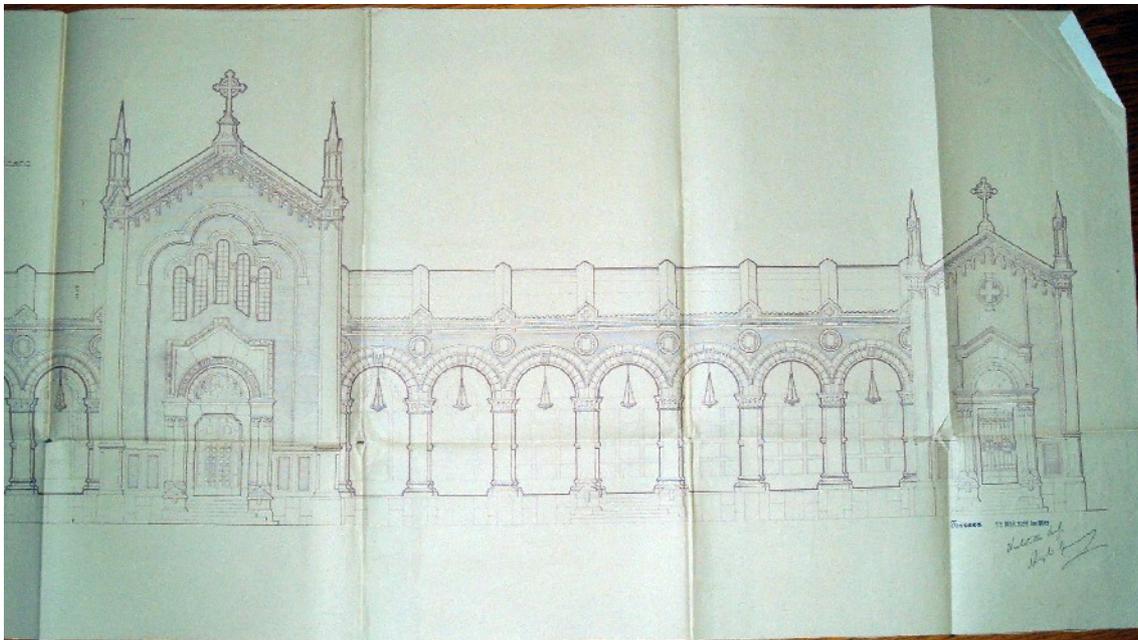


4.

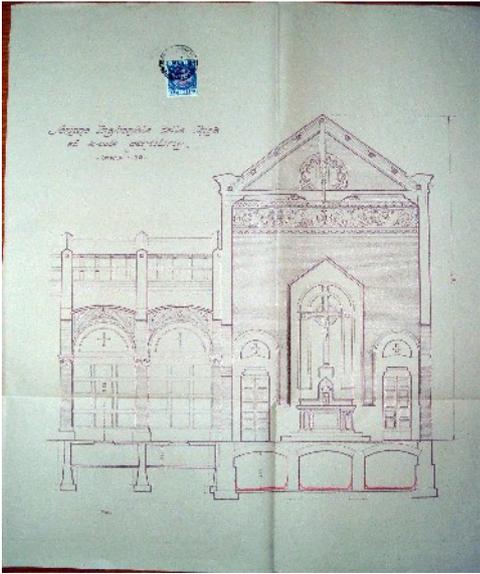
DOCUMENTO D'ARCHIVIO



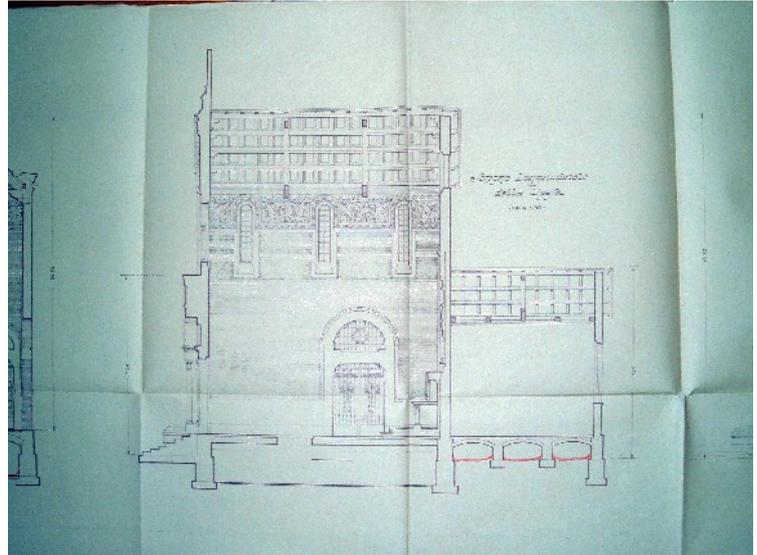
5. DOCUMENTO D'ARCHIVIO



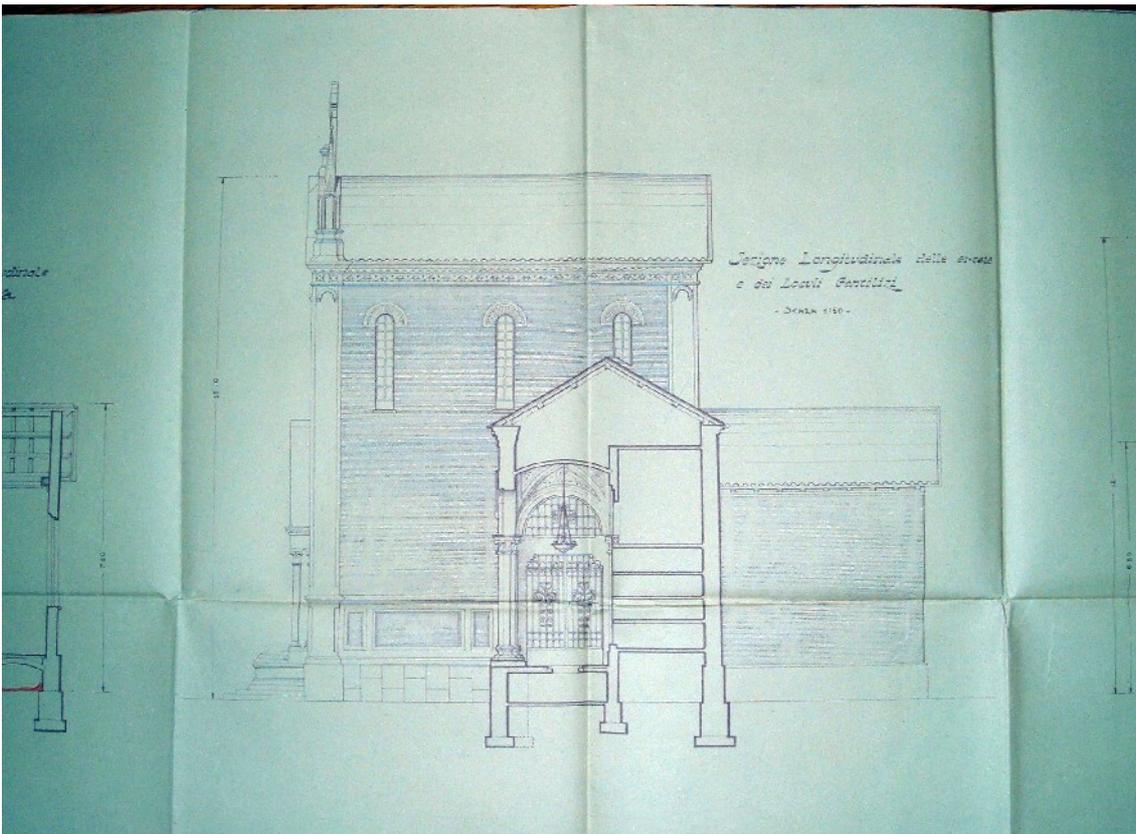
6. DOCUMENTO D'ARCHIVIO



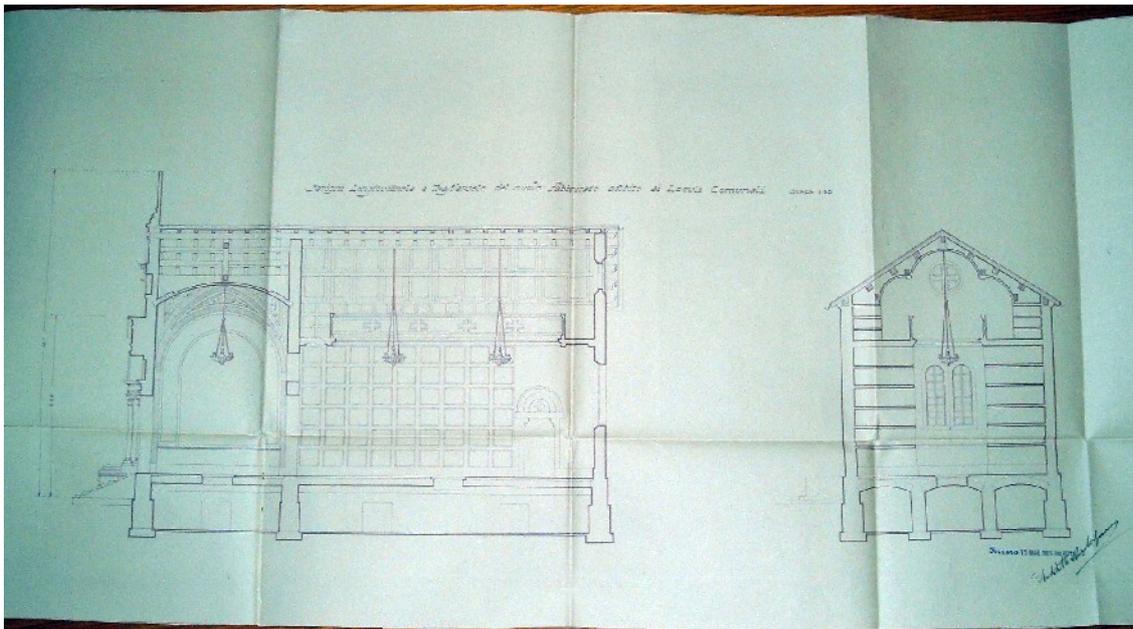
7. DOCUMENTO D'ARCHIVIO



8. DOCUMENTO D'ARCHIVIO



9. DOCUMENTO D'ARCHIVIO



## 10. DOCUMENTO D'ARCHIVIO

Lo stile dei fabbricati del secondo progetto, come affermò l'Arch. Giacomo Diegoli, ricalcava quello del primo, ovvero lo stile romanico, con decorazioni in cemento e muro faccia vista.

La consegna dei lavori del secondo stralcio venne effettuata il 10 Agosto 1929 con decorrenza dal giorno 16 Agosto 1929; i lavori vennero ultimati il 12 Maggio 1930 mentre il *Verbale di visita e relazione di collaudo dei lavori di costruzione della Chiesa, Cappella laterale Sinistra, adiacenze e cancellata* fu redatto dall'Ing. Ario Valentini in data 8 Dicembre 1931.

Nel corso del 1931 furono eseguiti anche lavori di Restauro della Cappellina di destra e del muro di cinta; tali lavori ebbero termine il 10 Ottobre 1931.

Dall'archivio comunale sono emersi altri documenti più recenti risalenti alla metà degli anni '60 e relativi ai nuovi ampliamenti del cimitero sull'area retrostante i fabbricati originari.

Dagli anni sessanta si sono poi susseguiti vari stralci di interventi per la realizzazione di nuovi loculi che hanno portato nel tempo all'attuale conformazione del complesso cimiteriale.

Dall'archivio comunale nulla è emerso per il periodo che va dal 1931 alla metà degli anni '60, ma in tale periodo si collocano sicuramente la realizzazione dei loculi del porticato a ridosso del muro di cinta sinistro e le tombe di famiglia poste a ridosso del

muro di destra in quanto tali manufatti compaiono negli elaborati successivi e relativi alla parte più recente in ampliamento.

## **2 - DESCRIZIONE MORFOLOGICA E TIPOLOGICA \***

Dalla documentazione emersa dall'Archivio del Comune si può affermare che l'attuale conformazione del Cimitero di Sant'Agostino è costituita da una parte più storica ed una di più recente costruzione.

La prima la si colloca dal 1917 alla fine degli anni '50, mentre la seconda la si può collocare dagli anni '60 sino ad oggi.

Le due aree si sviluppano su una superficie complessiva di circa ml 76,90 x 184,95, dei quali ml 70,50 x 87,80 occupati dalla parte più antica, ml 76,90 x 97,15 relativi alla parte più recente ed i restanti destinati a parcheggio a ridosso della SP66 (ex Strada Statale 255).

L'impianto più antico circoscritto da muri di cinta esterni, è costituito dalla Chiesa centrale priva di navate laterali, da due Cappellette laterali, simmetriche ma di lunghezze diverse, e dai due porticati che collegano tra loro i tre elementi.

Posteriormente alla Chiesa si trova la Sacrestia e altre due camere a suo tempo definite come "camera mortuaria" e "camera delle autopsie".

Sottostanti a tutto quello che si configurerà con il tempo come il corpo originario del Cimitero di Sant'Agostino, si trovano le "camere ossari" realizzate con strutture a voltini e rin fianchi in cemento.

Tutti i fabbricati principali, come riportato anche dall'Arch. Giacomo Diegoli, riprendono lo stile romanico, con decorazioni in cemento e muri faccia vista.

In particolare:

- i muri di cinta sono costituiti da muratura a vista con copertura in embrici e copri-emprici, e da pilastri d'angolo ed intermedi aventi cime ornate da capitelli di cemento; il cancello principale ed i due cancelli laterali sono in ferro battuto ornato

*\* Documentazione fornita da Amministrazione Comunale di Sant'Agostino e da CMV Servizi Srl*

- la Cappella di destra che ospita un certo numero di loculi, costruita nel corso del primo stralcio di lavori (1917-1921), risulta avere uno spazio interno a tutta altezza con soffitto a crociera, pavimentazione in battuto di cemento, murature intonacate e decorate con dipinti blu e giallo oro, e gradinata esterna in cemento. Le lapidi dei loculi in origine erano tutte in marmo Bianco di Carrara
- la Cappella di sinistra, costruita con analoghe caratteristiche della precedente nel corso del secondo stralcio di lavori (1929-1930), risulta essere più lunga di circa 2,25 ml rispetto a quella di destra, e presenta internamente un piano intermedio, al di sopra del sesto ordine di loculi, al quale vi si accede mediante una scaletta interna e costruito al fine di rendere più agevole l'accesso ai loculi più alti
- i due porticati di collegamento, definiti come "loculi gentilizi" e costruiti dai privati, sono costituiti ciascuno da 7 campate scandite frontalmente da altrettante arcate a tutto sesto sorrette da pilastri intonacati e decorate con motivi in cemento
- la Chiesa e la Cappella centrale presentano soffitti in legno e pavimenti in grès; la muratura esterna si presenta in mattone faccia vista con parti intonacate e decori in cemento. Internamente lo stile semplice è intonato a quello esterno con decori in blu e giallo oro ed un fregio graffito che, dall'imposta del soffitto, scende per circa ml 1,40. L'altare della Chiesa risulta in getto di cemento.

L'area centrale del Cimitero, definito nei documenti come "campo comune" è attualmente adibito in parte alla sepoltura a terra di singoli defunti ed in parte occupato da tombe di famiglia.

Dal 1930 al 1960, a ridosso dei muri di cinta laterali e anteriore, sono sorti a sinistra, un porticato con caratteristiche estetiche analoghe a quelle dei "loculi gentilizi", mentre in prossimità del muro di destra e di quello prospiciente la SP66 (ex Strada Statale 255) si sono via via andate a costruire, ad opera di privati, una serie di singole tombe di famiglia ciascuna con caratteristiche proprie ma aventi tutte dimensioni per lo più analoghe.

L'area retrostante la Chiesa, le Cappellette laterali e i "loculi gentilizi" risalgono ad un periodo che va dagli anni sessanta ad oggi; qui si sono susseguiti nel tempo vari interventi per la realizzazione di nuovi loculi.

I nuovi corpi sono stati realizzati per stralci successivi, nel rispetto delle caratteristiche

estetiche della parte più antica del Cimitero.

Difatti, i porticati che corrono lungo tutto il perimetro esterno, riprendono in maniera abbastanza simile i caratteri e le decorazioni dei corpi gentilizi; in modo analogo sono stati trattati anche i corpi isolati che occupano, in parte, l'area interna del nuovo ampliamento.

Gli unici elementi che si discostano per caratteristiche estetiche da tutto il complesso, sono i due corpi sorti nella zona immediatamente dietro il corpo originario.

Tali elementi, adibiti a tombe di famiglia, risultano avere caratteristiche meno armoniose costituite da muratura e decori in mattoni e pilastri e travi in cemento.

L'accesso secondario al Cimitero, disposto dalla Via Martiri della Libertà, ricalca le caratteristiche dell'accesso principale più antico con cancello e cancelli laterali in ferro battuto e ornati in modo analogo agli originari.

### **3 – PRIME INDICAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE**

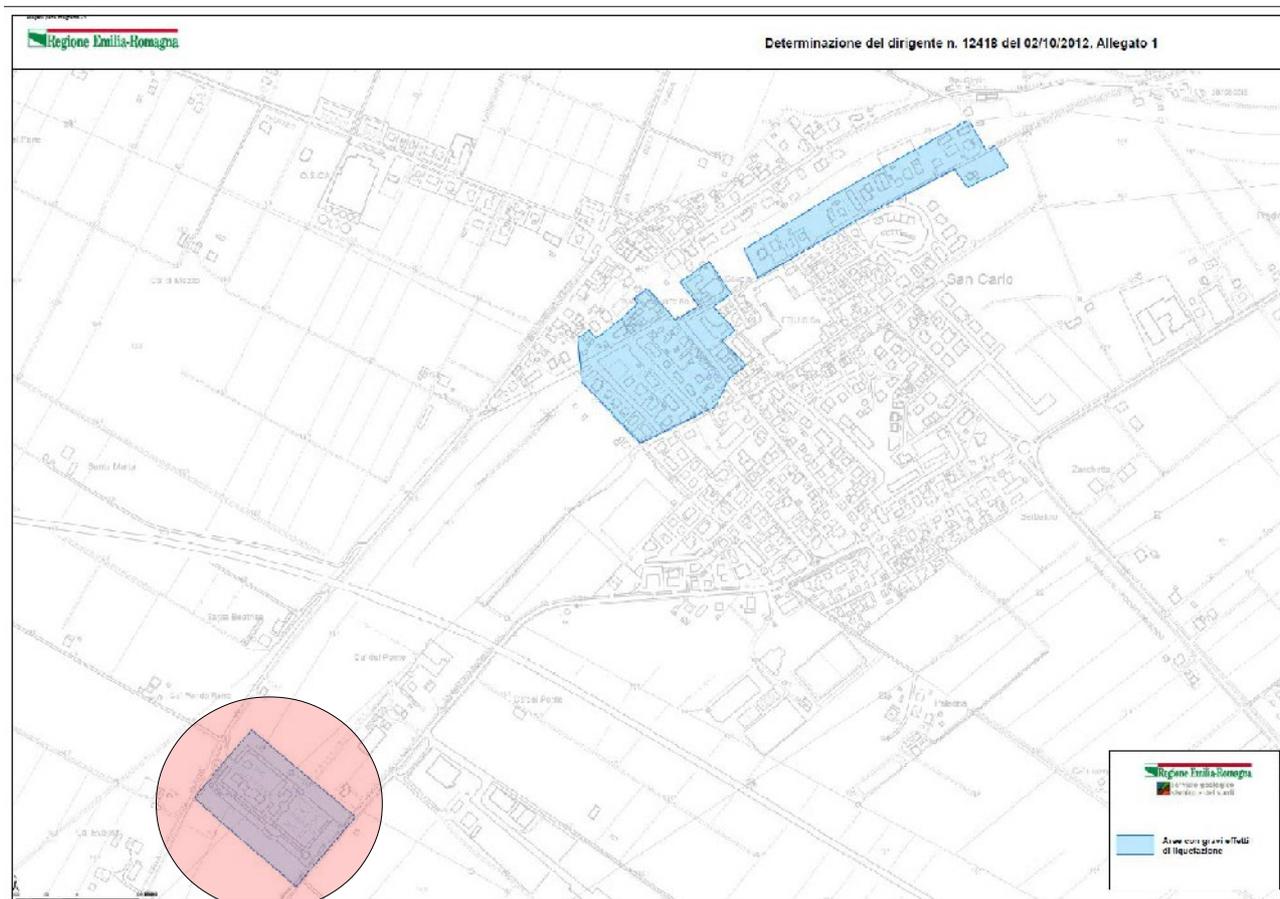
a) *PREMESSA*: gli eventi sismici del maggio 2012 hanno prodotto danni rilevanti ai cimiteri di Sant'Agostino e di conseguenza hanno modificato non solo la situazione geologica e geotecnica di riferimento, ma anche l'approccio allo studio dei siti interessati: già il 2 ottobre 2012 con Determina n. 12418 su proposta del Servizio Geologico e Sismico la Regione approvava gli *"elaborati cartografici concernenti la delimitazione delle aree nelle quali si sono manifestati gravi effetti di liquefazione a seguito degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 e degli indirizzi per interventi di consolidamento dei terreni"*, individuando con chiarezza l'area occupata dal cimitero di Sant'Agostino come "area con gravi effetti di liquefazione".

Gli effetti della liquefazione durante il sisma del maggio 2012 sono stati infatti molto evidenti sia nella zona di San Carlo, ma altrettanto sull'intera superficie occupata dal cimitero, attraversato da tre linee di fessurazione sulla direttrice sud-ovest / nord-est.

La determina citata, oltre che evidenziare l'area del cimitero come soggetta a liquefazione, indica una serie di linee guida per intervenire al fine di dare consolidamento ai terreni interessati, traendole dalla disciplina e dall'esperienza internazionale.

Un contributo specialistico più approfondito, in termini di analisi dei fenomeni e della situazione geologica e sismica, è stato portato con grande generosità dai geologi ferraresi, con il patrocinio dell'Ordine dei geologi dell'Emilia Romagna, i quali

nell'ambito dell'iniziativa "adotta un monumento" hanno elaborato una approfondita "Relazione Geologica, Sismica e geotecnica, con indagine geognostica, sismica e analisi di laboratorio terre" finalizzata alla "Ristrutturazione del Cimitero di Sant'Agostino".



Cartografia allegata alla Det. 12419/2012

Tale approfondita Ricerca, a cura di diversi Ingegneri e Geologi coordinati dal Dott. Geol. Corrado Ballotta, è stata consegnata al Sindaco di Sant'Agostino nel dicembre 2012, e ad essa in questo progetto preliminare si è fatto sostanziale riferimento per le prime indicazioni di progetto, sotto il profilo soprattutto geotecnico, senza sentire la necessità di doverla allegare agli atti del progetto stesso. Successivamente alla assegnazione dell'incarico al sottoscritto per la redazione del progetto preliminare, si è richiesto al Dott. Geol. Corrado Ballotta di eseguire ulteriori approfondimenti, tesi soprattutto a verificare alcuni dati troppo imprecisi nella citata prima Relazione, in riferimento alla quota della falda: tali dati risultavano decisivi per poter definire le scelte progettuali di recupero dei due cimiteri interessati, dovendo queste ultime corrispondere alle determinazioni normative contenute nel Regolamento di Polizia

Mortuaria (DPR 285/90).

Per quanto riguarda la prima Relazione Collegiale del dicembre 2012, va rilevato che il Piano di Lavoro alla base di questo studio prevedeva una ricognizione dei luoghi ed una presa d'atto dei fenomeni, delle trasformazioni e dei danni avvenuti.

Successivamente si sono programmate le Indagini in sito ritenute necessarie in base al rilevamento effettuato e alle prescrizioni normative. Sono state eseguite nel periodo luglio-agosto 2012:

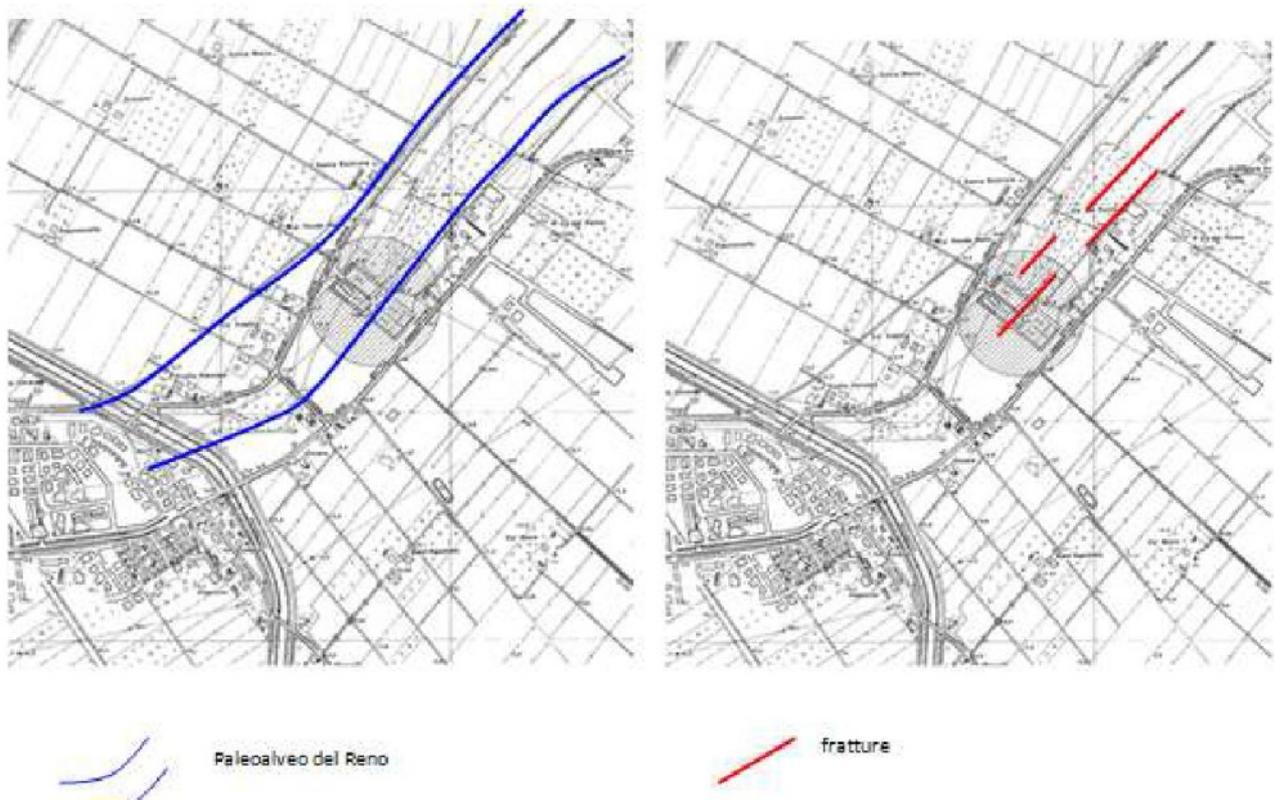
- una Indagine geognostica con esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo e prelievo di campioni;
- una prova penetrometrica statica (CPT);
- una Indagine geofisica con uno stendimento sismico a rifrazione;
- analisi di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati;
- la raccolta e la rielaborazione delle indagini geognostiche eseguite negli ultimi anni, a cura di vari Tecnici.

La relazione prodotta organizza tutti i dati disponibili, elaborandoli all'interno della ricostruzione geostorica del sito, della Pianificazione Comunale, degli eventi sismici accaduti, nell'intento di dare indicazioni per la progettazione delle opere di ristrutturazione in sicurezza geotecnica e sismica nel rispetto delle Norme Tecniche per le Costruzioni e delle altre norme vigenti.

La Relazione contiene dei dati estremamente interessanti sotto il profilo della descrizione del territorio di Sant'Agostino sotto il profilo geologico e geotecnico, mettendo a sistema molte diverse informazioni e dati in maniera sistematica e organizzata.

*b) MODELLO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO:* L'elemento morfologico di maggior rilievo è dato dal paleoalveo del fiume Reno con andamento Sud-Ovest / Nord-Est , sede storica dei primi insediamenti antropici del territorio. Il cimitero di Sant'Agostino, per quanto riguarda l'ampliamento, è ubicato sull'antico corso del fiume Reno; la parte più vecchia, dove è situato l'ingresso principale affacciandosi sulla strada provinciale, è ubicato nella zona di piana alluvionale. Il microrilievo pone in evidenza questo assetto geomorfologico con quote di +15,00 del piazzale di ingresso sulla strada provinciale (area di piana) e +16,20 nella parte retrostante su via X Martiri, area arginale del corso del fiume. Dal punto di vista idrogeologico si osserva che le sabbie dell'alveo sono sede di una falda libera per una profondità massima di 8-9 metri mentre i livelli sabbiosi intercalati nelle argille più o meno limose sottostanti sono sede di piccole falde in pressione.

c) *ANALISI POST SISMICA DEL TERRITORIO*: a seguito delle scosse sismiche del 20 maggio 2012 in una fascia di territorio dei comuni di Sant'Agostino, Mirabello e Vigarano corrispondente all'ambito del sistema paleofluviale del fiume Reno si sono riscontrati particolari effetti di sito. Lungo tutto l'argine del paleoalveo del Reno, da Vigarano a Sant'Agostino, si sono aperte fratture con andamento parallelo e direzione NE-SW che, anche se non collegabili direttamente a discontinuità strutturali profonde, sono dovute verosimilmente a effetti legati alle sollecitazioni di trazione che si accompagnano alla propagazione delle onde sismiche. Dalla bibliografia specializzata si legge che osservazioni sperimentali hanno evidenziato che le fratture nel sottosuolo si ripropongono negli stessi posti dove si sono verificate in concomitanza di terremoti passati. Altro evento accaduto è quello della liquefazione, fenomeno geotecnico per il quale terreni granulari in falda per le sovrappressioni indotte dall'evento sismico assumono un comportamento fluido. Nella zona si sono rilevate ampie zone di sabbie liquefatte, visibili nella campagna ed all'interno dell'area cimiteriale, a seguito della liquefazione dei sedimenti del banco superficiale in presenza di falda, e liquefazione di livelli sabbiosi intercalati nelle argille più o meno limose del banco sottostante, sede di piccole falde in pressione, localmente fuoriuscite attraverso le fessure sopracitate.



Altro fenomeno dovuto al sisma e alla presenza di una falda superficiale captata da pozzi, è stato quello del sifonamento attraverso questi pozzi con fuoriuscita abbondante di sabbia grigia e acqua. Nella zona adiacente il Cimitero gli effetti sismici sopracitati sono stati studiati dal gruppo di ricerca del prof. Riccardo Caputo dell'Università di Ferrara, Dipartimento Scienze della Terra, attraverso l'analisi di una trincea avente orientamento SE-NW, perpendicolarmente all'argine destro del corso del fiume Reno, e che ha raggiunto una profondità di 5-6 metri. Il risultato interessante di tali osservazioni è la presenza di paleofratture riempite di sabbia, anche se non sempre arrivata fino alla superficie, testimonianze di fenomeni di fratturazione e liquefazione dovuti a eventi sismici del passato. Il cimitero di Sant'Agostino è ubicato in parte sull'antico corso del fiume Reno per quanto riguarda l'ampliamento e, nella parte più vecchia dove è l'ingresso principale sulla strada provinciale, nella zona di piana alluvionale. Per l'area cimiteriale, gli effetti postsismici riscontrati sono stati sia di fratturazione che di liquefazione. Nella zona si sono verificate infatti una serie di fratture parallele ampiamente descritte nelle pubblicazioni del dopo terremoto e nella porzione che ha interessato il cimitero è fuoriuscita una gran quantità di sabbia grigia e acqua. Il livello della falda nel luglio 2012, dato il forte periodo siccitoso, è stato misurato a profondità superiore ai quattro metri. I terreni sabbiosi campionati nel sondaggio a m 3,20 e a m 7,00 rientrano nel fuso granulometrico soggetto alla liquefazione. Non si hanno analisi granulometriche e litologiche della sabbia fuoriuscita durante l'evento sismico per poter appurare a quale livello potesse essere correlata. Considerando quindi il particolare effetto di sito riscontrato nell'area del Cimitero di Sant'Agostino si può concludere quanto segue:

- il cimitero è ubicato per la parte più recente sulle sabbie sedimentate nel letto del Reno e per la parte di prima costruzione sui terreni argilloso-limosi della piana alluvionale;
- il microrilievo pone in evidenza questo assetto geomorfologico con quote pari a +15,00 m. relative al piazzale di ingresso sulla strada provinciale (area di piana) e di +16,20 m. nella parte retrostante su via X Martiri (insistente sul corso del paleoalveo);
- il sisma del 20 marzo ha creato una serie di fratture parallele, visibili da Sant'Agostino a Mirabello, una delle quali ha interessato il Cimitero separando quasi nettamente la parte vecchia dalla nuova;
- i sedimenti granulari immersi in falda hanno subito per effetto del sisma il fenomeno della liquefazione con una ingente fuoriuscita di sabbia grigia e

acqua; la grande quantità di materiale e la scarsa quantità di acqua dell'acquifero superficiale, farebbe pensare che siano stati interessati anche i livelli sabbiosi più profondi (da m. 15,00 dal p.c.) dato che in corrispondenza della zona di fratturazione in superficie non sono stati rilevati terreni granulari se non in modesti livelli di intercalazione;

- la fratturazione pare essere avvenuta al limite fra la zona arginale e la zona della piana alluvionale;
- la liquefazione dei livelli granulari e la fratturazione interessante i limi argillosi e le argille sovrastanti fa presumere possa verificarsi il fenomeno di *lateralspread*.

d) **CONCLUSIONI:** L'edificio del Cimitero comunale di S.Agostino è situato tra la strada provinciale n.66 (entrata principale) e Via Martiri della Libertà (entrata secondaria). Morfologicamente è ubicato al margine Sud-Est dell'antico letto del fiume Reno. La parte di nuova costruzione è addossata alla struttura arginale del paleoalveo del Reno, mentre la parte più vecchia, dove è situato l'ingresso principale, è ubicato nella zona di piana alluvionale.

L'indagine geognostica ha rilevato una variabilità litologica laterale con limi argillosi e argille con letti sabbiosi a sud est e il banco sabbioso della potenza di circa 8 metri sovrastante terreni argillosi nella parte nord ovest.

Le verifiche geotecniche eseguite evidenziano infatti che i terreni del sottosuolo sono costituiti da sedimenti sabbiosi passanti a limoso argillosi sino a 5.00 metri di profondità; più sotto i terreni sabbiosi a granulometria variabile sino a 9.50 metri sono caratterizzati da discrete caratteristiche geotecniche, ma suscettibili alla liquefazione in caso di azione sismica, come valutato in base alle analisi granulometriche eseguite. Tale fenomeno è stato infatti riscontrato a seguito dell'evento sismico del 20 maggio 2012, con manifestazioni visibili all'interno di tutta l'area cimiteriale.

La falda freatica al momento dell'esecuzione dell'indagine è stata misurata alla profondità di 4,15 metri circa.

Riguardo l'azione sismica i terreni del sottosuolo sono classificati, relativamente alla velocità di propagazione delle onde secondarie S fino alla profondità di 30 metri, come appartenenti alla classe **D** "*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s*" e alla classe **S2** per la suscettibilità alla liquefazione.

E' questa possibilità di liquefazione dei terreni dei primi otto metri in presenza di falda

che genera una particolare pericolosità per l'edificio in caso di sisma; pericolosità accentuata ulteriormente dall'eventuale fuoriuscita della sabbia liquefatta attraverso fratture o altre discontinuità esistenti.

Sotto l'aspetto geologico risulta importante il controllo della profondità della falda e della variazione della pressione interstiziale, segnale di eventuali modifiche dello stato tensionale.

A questo proposito è stato posato al centro dell'area cimiteriale un piezometro che capta la prima falda fino a 8 metri di profondità; in tal modo sarà possibile eseguire misure stagionali della falda e studiare un programma di monitoraggio delle pressioni interstiziali.

Riguardo le opere di possibile consolidamento da mettere in atto, alcuni consigli preliminari sono riportati nella relazione geotecnica. Potranno essere fatte considerazioni più precise riguardo la scelta degli interventi, in base alle valutazioni operate del progettista ed alle eventuali indicazioni che saranno fornite dalle linee guida della Regione Emilia-Romagna. Prima di progettare qualsiasi intervento di consolidamento del terreno dell'area cimiteriale, sarà importante verificarne accuratamente la natura e la presenza/evoluzione delle fratture in esso rilevate.

*e) ULTERIORI VERIFICHE IDROGEOLOGICHE:* come già accennato in precedenza, dai risultati emersi dalla campagna di indagini oggetto della Relazione collegiale del dicembre 2012 si evinceva che il livello della falda si stabiliva ad una quota di circa ml. 4,15. Questo dato, associato all'elevato rischio di liquefazione, ed alla necessità di mettere sotto controllo il livello stagionale della falda, ci ha portato a richiedere al Dott. Geol. Corrado Ballotta una serie di ulteriori accertamenti tesi a verificare la profondità della falda alla data del febbraio 2013. Tale dato poteva rivelarsi significativo della quota di maggior escursione della falda, sia per motivi essenzialmente stagionali, sia perché seguiva un periodo di abbondanti precipitazioni meteorologiche; dato ovviamente da confrontare con quelli rilevati pochi mesi prima. L'interesse per noi era rappresentato dalla necessità di confrontare dei dati rilevati in maniera tecnicamente irreprensibile con altri derivanti dalla pratica quotidiana degli operatori che eseguivano le inumazioni: queste ultime infatti si susseguivano nella parte più a sud del campo centrale (verso l'ingresso), e a quanto riferitoci, spesso durante lo scavo si trovavano falde superficiali a quota molto inferiori a quelle dichiarate nella Relazione geologica (ml. 4,15).

Poiché il DPR 285/90 al Capo XIV prevede una serie di articoli che regolamentano le possibilità di inumazione nei campi, ed in particolare all'art. 68 si stabilisce che " i

*campi destinati all'inumazione ... devono essere ubicati in suolo idoneo per struttura geologica e mineralogica, per proprietà meccaniche e fisiche e per il livello della falda idrica"; all'art. 57 comma 7 si stabilisce inoltre che " La falda deve trovarsi a conveniente distanza dal piano di campagna e avere altezza tale da essere in piena o comunque col più alto livello della zona di assorbimento capillare, almeno a distanza di metri 0,50 dal fondo della fossa per inumazione".; da ultimo va citato l'art. 71 che recita: " Ciascuna fossa per inumazione deve essere scavata a due metri di profondità dal piano di superficie del cimitero e, dopo che vi sia stato deposto il feretro, deve essere colmata in modo che la terra scavata alla superficie sia messa attorno al feretro e quella affiorata dalla profondità venga alla superficie".*

Dal combinato disposto delle norme sopra citate si ricava che la falda **non può trovarsi ad una profondità inferiore a ml. 2,50.**

Le indagini svolte nel mese di febbraio dal Dott. Geol. Corrado Ballotta hanno portato ad evidenziare per il cimitero di Sant'Agostino che la falda si situava (allora) a quote variabili da 3,03 a 3,70 metri di profondità. Diversamente, per il cimitero di Dosso, la falda risultava be superiore, con valori rilevati da 0,56 a 0,93 metri.

Per il cimitero di Dosso si presenta quindi un quadro assolutamente critico, dal quale emerge la totale inidoneità del terreno alle inumazioni; per il cimitero di Sant'Agostino emerge invece un quadro più soddisfacente, soprattutto considerato che i valori di riferimento sono stati misurati in una stagione particolarmente "critica". La Relazione geologica riporta alcune considerazioni che si ritiene utile evidenziare:

*" Si osserva comunque che:*

- le misure sono relative ad un periodo statisticamente riferibile alla massima espansione della falda; a rigore, quindi, è probabile che in periodi di "magra" la distanza della tavola d'acqua dal p.c. possa aumentare ancora;*
- tale considerazione contrasta però con le informazioni raccolte verbalmente il giorno 01/02/2013 dal personale di servizio all'escavazione di n.2 fosse per l'inumazione, che segnalavano una distanza della falda dal piano campagna cimiteriale di circa 1.30 - 1.50 metri; tale fatto può trovare una spiegazione nella notevole disomogeneità sia verticale che orizzontale dei livelli litostratigrafici componenti i terreni ad uso inumazione;*
- la variabilità segnalata risulta evidente dalle stratigrafie ottenute*

*dall'esecuzione dei sondaggi geognostici per la posa dei piezometri (vedere Appendice) ed è ragionevolmente possibile che in un territorio ampio come quello investigato possano formarsi "faldine sospese" che siano in discontinuità laterale con la falda rilevata e misurata;*

#### **4 – DESCRIZIONE DEL DANNO E NESSO CAUSALE** **CON IL SISMA**

Il sisma del 20 maggio 2012 ha avuto effetti molto rovinosi sulle strutture del cimitero di Sant'Agostino, e che vengono riassunte in modo sintetico nella tavola allegata, e descritti in modo esauriente nella documentazione fotografica; i danni causati dal sisma si dividono sostanzialmente in due categorie: quelli indotti dalla liquefazione, e quelli indotti dall'onda sismica vera e propria. E' evidente che i due fenomeni sono interconnessi ma a noi può essere utile identificarli diversamente, anche per definire le strategie di intervento future.

I danni derivanti dalla liquefazione, e comunque dalle alterazioni geotecniche del terreno si concentrano sulle direttrici delle fratture come sopra identificate, e che passano trasversalmente all'area del cimitero: tali fratture, ancora oggi ben visibili all'interno dell'area, hanno provocato il distacco completo delle parti di fabbricato di diversa epoca costruttiva e quindi scarsamente ammortati o addirittura "appoggiati", enfatizzando con ciò l'effetto "giunto", ed hanno provocato la rottura e traslazione anche sul piano verticale dei corpi di fabbrica dei portici laterali. I primi si sono evidenziati in particolare in corrispondenza dell'attacco tra gli edifici trasversali che ospitano la chiesa e le due cappelle laterali, con l'inizio dei portici anteriore e posteriore. I secondi si sono evidenziati più o meno all'altezza della parte centrale dei sopracitati portici. A questi fenomeni si sono aggiunti quelli relativi alla fuoriuscita di sabbia con sommovimento piuttosto intenso del terreno in corrispondenza delle inumazioni del campo principale, con conseguente caduta di lapidi ed oggetti sacri, parziale sprofondamento delle sepolture e così via.

Gli effetti derivanti dalla applicazione della scossa sismica ai fabbricati si evidenziano nelle numerose lesioni alle strutture, in particolare agli archi, alle volte dei portici sostenute da arellati, alle murature di tamponamento dei portici, con danneggiamenti diffusi con crolli anche estesi talvolta delle lapidi e degli oggetti sostenuti da tali

pareti. Ul prtico anteriore (portico di sinistra), l'onda sismica ha provocati un vistoso fenomeno di ribaltamento della facciata con conseguente distacco delle strutture di copertura dall'appoggio superiore, e conseguente rotazione all'esterno dei pilastri centrali: risultano infatti in maniera più evidente in questa parte della struttura cimiteriale gli effetti di questa rotazione, manifestata dalla presenza di parti compresse dei pilastri e delle murature (sottoposte a schiacciamento) verso l'interno del cimitero, e in parte ribaltate o strappate nella parte opposta. Questi fenomeni, uniti ai danneggiamenti subiti dalle volte interne, particolarmente evidenti nei crolli anche piuttosto importanti delle parti centrali dei portici, denotano e dimostrano da un lato che le strutture non erano sufficientemente collegate tra loro, per poter resistere ad un evento sismico, ma fortunatamente dimostrano anche che la loro relativa leggerezza e flessibilità ha consentito una qualche capacità di resistenza che ne ha impedito il crollo totale.

Oltre alle strutture edilizie che costituiscono la struttura principale del cimitero (la chiesa, i portico e gli altri fabbricati), hanno subito danni ingenti anche le cappelle private poste lungo il muro di confine sud (adiacenti all'ingresso principale) e quello nord. Si tratta di piccole costruzioni adibite a cappelle funerarie di dimensioni abbastanza simili ma con forme e tecniche costruttive molto dissimili tra loro; tra queste, alcune hanno ben resistito al sisma, altre hanno avuto danni piuttosto contenuti, quasi sempre limitati a spostamenti di lapidi e suppellettili, altre invece hanno avuto danni pesanti sino al crollo totale: eclatante è il caso di una delle ultime tombe poste sul lato destro, posta sulla direttrice della frattura di liquefazione, che è completamente crollata, anche a causa della sua eccessiva esilità strutturale, con proiezione del materiale costruttivo sopra ed al di là del muro di confine.

Va infine riconosciuto che la struttura edilizia del complesso cimiteriale di Sant'Agostino presentava già in precedenza i segni del degrado, tanto che già nel 2010 era stata commissionata da CMV Servizi una Perizia che attestasse il livello di degrado ed indicasse le opportune operazioni di ripristino per riportare il cimitero a condizioni di miglior fruibilità: si trattava di interventi sulla copertura, per evitare le copiose infiltrazioni d'acqua, sugli intonaci e sulle finiture in cemento e così via.

Nelle tavole allegate, vengono rappresentate graficamente anche se in modo sintetico le localizzazioni dei danni subiti dal cimitero; da questa tavola appare evidente che i danni maggiori sono localizzati lungo le direttrici delle fratture della liquefazione.

## **5- PRIME INDICAZIONI PROGETTUALI** **E DISCIPLINARE PRESTAZIONALE**

L'analisi dei diversi livelli di danno subiti dal cimitero di Sant'Agostino, la loro complessità e diversificazione, conduce a identificare una strategia di intervento che si deve sviluppare su diverse linee di indirizzo, che abbiamo cercato di elencare nella allegata Tavola degli interventi e che in via del tutto preliminare si possono così sintetizzare:

1. Interventi di risanamento e ridisegno del campo centrale delle inumazioni
2. Interventi di riqualificazione e ridisegno dei percorsi e delle pavimentazioni
3. Interventi di riparazione dei danni e del degrado generalizzato
4. Interventi di riparazione e risarcitura dei danni locali più gravi e dei crolli
5. Interventi di nuova edificazione per completamento dei servizi
6. Interventi di riparazione e adeguamento della rete impiantistica

Le categorie di interventi così individuate vanno considerate come tipologie omogenee di operazioni che prevedono una serie di verifiche e di indagini che si rimandano alle successive fasi di progettazione. In particolare sin d'ora si prescrivono e si valutano come indispensabili:

- a. più dettagliate e precise indagini geologiche e geotecniche: i dati rilevati dalle indagini disponibili, hanno dimostrato che le condizioni dei terreni e la caratterizzazione di questi variano considerevolmente anche a distanze molto ridotte. Il problema della liquefazione aggrava in maniera complessa il tema del recupero dei fabbricati, ma non solo, anche le scelte sull'utilizzo delle aree libere. I fenomeni che si sono rilevati, intrecciati con le prime analisi geologiche e geotecniche disponibili ci suggeriscono diversi tipi di interventi, a seconda delle differenti condizioni, ma ci costringono a prevedere di intensificare le ricerche ed i controlli al fine di precisare e affinare le soluzioni progettuali qui previste.
- b. Indagini sulle caratteristiche dei materiali, in particolare sulla costituzione delle murature e delle malte leganti, sia per gli edifici, ma ancor più per i muri di recinzione.
- c. Indagini endoscopiche e resistografiche sulle parti edificate, in particolare sui solai e sulle coperture, per valutare l'effettivo stato di degrado e la loro recuperabilità.

Sotto il **profilo "funzionale"** il progetto prevede il recupero del campo principale come area per le inumazioni. Le ricerche fatte eseguire appositamente per la determinazione della quota della falda, hanno infatti determinato, con l'ausilio di tre piezometri messi in opera sul campo, che la quota della falda nel mese di febbraio, ed in condizioni climatiche davvero critiche, era sicuramente più alta rispetto ai dati raccolti dai geologi nella loro Relazione di novembre, ma rimaneva ad una quota di "sicurezza" accettabile. Il Regolamento di Polizia Mortuaria prevede infatti che le inumazioni debbano essere eseguite considerando una quota di posa delle sepolture di almeno 2 ml. sotto il p.c., e che la falda non possa mai arrivare a meno di cm. 50 da quella quota (quindi a meno 2,50 ml. dal p.c.). Il campo oggi si presenta molto danneggiato in tutta la zona a ridosso della chiesa, perlomeno per le prime sette file, causa il manifestarsi della liquefazione, che oltre ad aver danneggiato le tombe (lapidi ed accessori) ne ha provocato in molti casi il dissesto ed il parziale sprofondamento. Le sepolture nel campo sono inoltre in gran parte molto vecchie (di queste, la maggior parte supera il limite dei 30 anni perché ricorra l'obbligo di esumazione e riduzione negli ossari). Tutti questi fattori ci fanno propendere per immaginare un intervento complessivo di ristrutturazione dell'intera area del campo, che prevede la suddivisione della stessa in quadranti, mediante una maglia regolare di percorsi e vialetti, ciascuno considerato come una entità autonoma (giardino del riposo). Poiché attualmente il campo non è ancora stato saturato (rimane ancora libero un piccolo quadrante nella parte inferiore sinistra), il progetto che viene presentato prevede che quell'area possa essere preparata per prima, mediante uno scavo generalizzato ed esteso all'intero quadrante (nelle dimensioni previste dal progetto), con la predisposizione del fondo drenante in ghiaia, la posa delle sepolture (con meno di 30 anni) che saranno appositamente esumate da una zona diversa e contigua, e la loro definitiva ricopertura con la terra precedentemente scavata. Il quadrante sarà poi definito con la realizzazione dei bordi, delle alberature ove previsto, dei cippi e infine saranno ricollocate le lapidi di riconoscimento delle sepolture precedentemente rimosse e catalogate. L'operazione di esumazione delle sepolture, che consentirà il ricollocamento di quelle più recenti, consentirà altresì di poter eseguire la riduzione di quelle più vecchie (di oltre 30 anni) ed il trasferimento dei resti negli ossari. Questa operazione, che sarà eseguita secondo uno schema appositamente a rotazione, intende "liberare" di volta in volta ed in successione gli altri "quadranti" del progetto, per i quali sarà quindi possibile prevedere le medesime operazioni previste per il primo, sinché vi saranno sepolture da recuperare. Ma per eseguire una corretta

“bonifica” dell'intera area, dove l'operazione di scavo generale è esteso all'intero quadrante, la preparazione del fondo drenante ed il ricoprimento con realizzazione dei cordoli e delle finiture viene completato ecc. dovranno progressivamente essere esumate tutte le sepolture, che saranno poi allocate parte alla reinumazione nelle zone dei quadranti che di volta in volta saranno resi disponibili dalla rotazione degli stessi, e parte invece (le più vecchie quindi) agli ossari (esistenti o “nuovi” come descritti più avanti). Questa apparentemente complessa operazione “a rotazione” consentirà in primo luogo di eseguire il rifacimento dell'intero campo delle inumazioni secondo il nuovo disegno (vedi disegni di progetto). In secondo luogo di ridurre drasticamente il numero delle sepolture sul campo, con ciò liberando molto spazio per le sepolture a venire. In ultimo va sottolineato che tale intervento, rimuovendo quasi interamente lo strato di terreno sino ad una profondità di ml. 2,00, eliminerà ogni piccola stratificazione argillosa o comunque impermeabile che ha sinora provocato il manifestarsi di piccole lenti di falda in pressione, o sacche d'acqua meteorica che sono state spesso riscontrate in occasione delle passate inumazioni, a quote anche superficiali.

Per consentire il trasferimento delle sepolture più vecchie, ed il conseguente aumento di disponibilità dell'area del campo, si è previsto di realizzare due simmetriche nuove strutture edilizie destinate ad ospitare i nuovi ossari, collocate all'interno delle due aree oggi inutilizzate racchiuse tra le pareti posteriori dei portici trasversali e della chiesa, e le due ali moderne ad esse parallele. Queste strutture attualmente creano due spazi racchiusi quasi interamente su quattro lati: tale situazione che attualmente configura una desolante situazione di abbandono, si presta invece ad una completa riqualificazione, mediante l'inserimento, appunto simmetrico rispetto alla struttura posteriore della chiesa, di due nuove strutture destinate ad ospitare i loculi per ossari e cinerari.

Ciascuna delle due strutture sarà costituita da una lunga parete longitudinale, rivestita in materiale lapideo, alta circa ml. 2,40, parallela al lato lungo dell'area, che consentirà di separarla in due zone: la parte anteriore, affacciante verso la zona di ingresso posta in corrispondenza della parete posteriore della chiesa, ospiterà un percorso di accesso alle ali laterali del cimitero e, a dividerlo dalla base del muro di cui sopra, un piccolo giardino verde caratterizzato da una vasca circolare con sassi levigati. Questo luogo, caratterizzato quindi dal giardino dal quale si stacca l'alta parete in marmo, come una quinta scenografica, sarà il luogo per chi (desiderandolo) vorrà procedere alla dispersione delle ceneri dei propri cari sui sassi della struttura

circolare a terra (cinerario comune); dispersione che sarà assicurata da un leggero scorrere di acqua che dalla parete verticale sarà convogliata sui sassi stessi e nel terreno sottostante. Tale rituale, pur non essendo autorizzato e riconosciuto dalla Chiesa Cattolica è preferito da molte persone aconfessionali che meritano a nostro parere vengano assecondate le loro volontà.

La parte retrostante il già citato alto e lungo muro in marmo, sarà organizzato con setti in c.a. rivestiti in marmo, con funzione di sostegno delle strutture prefabbricate in c.a. o in materiale plastico, sempre rivestite in marmo, che contengono gli ossari ed i cinerari. Queste strutture, poste perpendicolarmente ma staccate dal già citato muro principale, costituiranno un luogo molto intimo di raccoglimento, enfatizzato da una grande copertura in vetro stratificato sorretto da telai in acciaio verniciato, la quale sormonterà l'intera struttura degli ossari, ed i percorsi che li collegano tra loro. Tutto intorno a questo luogo, così riqualificato anche sotto il profilo delle pavimentazioni inframmezzate dalle superfici verdi a giardino, saranno riqualificate le esistenti pareti in muratura che attualmente sono considerate i "retri" dei fabbricati esistenti, mentre nella loro nuova funzione, una volta puliti, risanati nelle stucature e nelle murature, trattate con latte o acqua di calce per creare uno strato protettivo neutro, recupereranno una nuova dignità come nuove pareti interne del nuovo luogo di raccoglimento progettato.

L'elemento che determinerà l'asse di simmetria delle due nuove aree di cui sopra sarà rappresentato dalla facciata posteriore (la parte bassa) della chiesa, sulla quale si aprono tre lunghe finestre molto semplici ma di belle proporzioni; sotto questa parete, in posizione quindi baricentrica sia tra le due zone citate, ma anche rispetto al lungo viale di ingresso posteriore (di cui si dirà tra poco), si ritiene di collocare l'ossario comune. Esso sarà costituito da una grande vasca in c.a.v. completamente interrata, sulla parte superiore della quale si avrà cura di lasciare una sufficiente altezza per consentire la posa di terreno di coltivo, così da far apparire, sotto la parete in mattoni, solo un giardino verde e fiorito, caratterizzato da tre lapidi (che nasconderanno i pozzetti di accesso alla vasca sottostante) e/o da idonei simboli (immagini o figure monumentali) che possano far capire l'importanza del luogo. Per evidenziare questo luogo, anche soprattutto rispetto alla prospettiva centrale di chi arriva dall'ingresso posteriore del cimitero lungo il viale centrale, si ritiene che esso sarà sollevato rispetto alla quota del piano campagna, di almeno 40/50 cm.

Al fine di dotare la struttura di adeguati servizi igienici, che oggi sono collocati in un

basso fabbricato che occupa quella che abbiamo detto sarà destinata ad area per gli ossari, si ritiene opportuno realizzare una struttura completamente nuova, sia per funzione e impianti, ma soprattutto per caratteristiche architettoniche e di immagine, collocata nell'incavo che si crea oggi tra il muro di confine laterale e l'inizio del portico di sinistra.

Ultimo elemento che caratterizza sotto il profilo "funzionale" il presente progetto, è dato dal ridisegno completo dei percorsi pedonali e della viabilità, soprattutto esterna: essa sarà funzionale al miglior utilizzo della struttura cimiteriale come è stata modificata, in particolare per quanto riguarda il campo anteriore, e le aree degli ossari nella parte centrale/posteriore. Questi percorsi saranno ovviamente determinati dalla presenza delle grandi cancellate di ingresso, opposte tra loro: si crea così un lungo asse longitudinale, interrotto dal grande complesso edilizio trasversale della chiesa e dei portici, che avranno funzione il primo di far accedere alla chiesa (punto centrale focale dell'ingresso principale e del vialetto di accesso) ed il secondo all'ossario comune (punto centrale focale dell'ingresso posteriore e del relativo vialetto di accesso). I vialetti centrali saranno caratterizzati da essenze arboree perenni, di ridotta altezza, e dalla presenza di elementi di arredo in marmo o in c.a. o da elementi figurativi idonei al luogo che li potrà ospitare.

Questo nuovo disegno delle aree libere e dei percorsi, sarà completato con la creazione di altre nuove aree verdi a ridosso dei portici principali, trasversali, in collegamento alla chiesa. Tale soluzione, che manterrà la possibilità di accesso alle gradinate dei portici stessi, ne farà risaltare le belle proporzioni e le decorazioni sui soffitti, che saranno oggetto di intervento di recupero.

Tutti i percorsi saranno realizzati mediante la posa di cordoli perimetrali con elementi speciali circolari per ospitare le essenze arboree, ed una pavimentazione continua in materiale drenante, del tipo "Biostrasse" con colorazione neutra dell'impasto. Questa particolare soluzione architettonica consente di limitare il numero di caditoie necessarie per la raccolta dell'acqua piovana, assicurando nel contempo una corretta e diffusa alimentazione idrica del terreno sottostante, ma al contempo di poter garantire una efficace pulibilità della superficie, che si presenta continua e compatta.

La ripavimentazione dell'intera superficie esterna del cimitero sarà completata da un intervento di completa ripavimentazione dei portici e delle zone di passaggio coperte, oggi rivestite di materiali diversi tra loro e piuttosto in genere scadenti. Immaginiamo di poter utilizzare materiali più adeguati certamente sotto il profilo architettonico, ma

anche sotto quello funzionale e prestazionale, date le particolare condizioni d'uso.

Sotto il "**profilo tecnico**", gli interventi saranno suddivisi in macrocategorie:

la principale sarà costituita da interventi "generalizzati" perché dedicati a mettere soluzione a problemi che si presentano quasi ovunque nelle strutture edilizia del cimitero: queste saranno in gran parte coincidenti con le opere già previste dalla perizia eseguita qualche anno fa per definire gli interventi di manutenzione ordinaria: si tratta di interventi sulle coperture, per mettere mano alla loro impermeabilizzazione, agli intonaci, particolarmente a quelli ammalorati per la presenza della forte umidità e così via; a questi danni, il sisma ha "aggiunto" un livello ulteriore di degrado che riteniamo debba trovare soluzioni generalizzate e diffuse: in primo luogo le pavimentazioni che essendosi danneggiate in più punti, ed essendo anche necessario porre rimedio a diffuse lesioni, avvallamenti e disconnessioni delle superfici, ci costringono a rimuoverle ovunque, per regolarizzare e riparare le superfici, procedendo infine alla completa sostituzione.

Altro intervento da eseguire in maniera generalizzata sarà il rinforzo strutturale delle strutture di copertura, oggi totalmente sprovviste di elementi di tenuta delle spinte orizzontali (da cui molti crolli e danni) e che necessiteranno di un diffuso sistema di cerchiatura e ripristino della stabilità strutturale. Tali interventi consentiranno quasi ovunque di ripristinare ove possibile o di ricostruire ed integrare le parti mancanti delle strutture lignee di copertura, così da consentirne il completo restauro e recupero integrale.

Analogo intervento, di pulizia, trattamento, recupero o integrazione sarà riservato alle superfici intonacate del cimitero, con sistemi ovviamente poco invasivi e soprattutto rispettosi, nella scelta dei materiali e delle tecniche, della situazione attuale e dei materiali oggi esistenti. Particolare cura sarà riservata alla ricerca e verifica delle colorazioni originarie, per le quali si prevede ovviamente il totale ripristino.

Un'altra categoria di interventi riguarderà le opere puntuali di ripristino e rinforzo strutturale, che saranno eseguite in ossequio a quanto previsto dalla vigente normativa sul recupero del patrimonio dei beni tutelati dal Ministero BB.CC. e dalle NTC. Tra questi interventi, che necessiteranno di ulteriori indagini più puntuali, come già detto in precedenza, per poterne definire compiutamente metodiche e tecniche, si annoverano quelli necessari alla ricostruzione delle parti mancanti, ed al ripristino e risanamento dell'intero muro di confine perimetrale; la riparazione delle lesioni degli

archi e delle volte; la risarcitura e cucitura delle lesioni verticali sulle murature e così via. Tra gli interventi puntuali si annoverano anche quelli necessari alla riparazione delle numerose lapidi danneggiate o addirittura crollate, particolarmente quelle all'interno dell'ossario a lla destra della chiesa, nel quale i danni sono stati più evidenti. Ed ancora dobbiamo elencare tutti gli interventi necessari al ripristino di una "situazione quo ante" per le varie cappelle di famiglia: impegno preciso della amministrazione comunale, in accordo con il gestore (CMV Servizi Srl), è stato infatti quello di restituire ai proprietari delle cappelle di famiglia i loro beni nelle stesse condizioni pre terremoto. Per fare ciò saranno necessari interventi di diversa natura, dalla semplice manutenzione e ripristino di qualche lapide o suppellettile, sino alla completa ricostruzione delle cappelle interamente crollate. In quest'ultimo caso sarà necessario valutare insieme ai proprietari la effettiva possibilità di ricostruzione, dato che pare evidente, visto il comportamento avuto, che le tecniche costruttive e la tipologia strutturale originaria non pare certamente essere adatta a sostenere l'effetto del sisma.

Grandis

Da ultimo va citata la necessità di provvedere ad un adeguato restauro delle superfici decorate, sia all'esterno (in particolare le due ali di portico ai lati della chiesa) che all'interno (nelle cappelle ai lati della chiesa), oltre che ai vari elementi decorativi presenti, dai grandi cancelli con le colonne di sostegno, agli altri elementi decorativi presenti.

Una voce a parte all'interno di questo vasto e importante ventaglio di interventi, avranno gli impianti: sarà infatti necessario provvedere ad una completa rivisitazione, trasformazione ed adeguamento della rete fognaria: quella esistente infatti ha subito danni ingenti dalla liquefazione e dalle prime prospezioni eseguite sembra non essere più affidabile ed efficiente. Sarà quindi necessario realizzare una nuova e più adeguata rete di smaltimento delle acque meteoriche e non.

La rete di adduzione idrica non ha subito danni, ma va certamente adeguata ed implementata per adeguarsi al nuovo disegno dei campi (che saranno dotati di fontanelle) ed alla localizzazione dei nuovi servizi igienici.

Particolare attenzione sarà messa alla progettazione e realizzazione della nuova rete elettrica: sarà infatti opportuno una completa rivisitazione della rete di alimentazione sia dei punti di illuminazione pubblica (che sarà opportunamente incentivata), che delle lampade votive. Si ritiene opportuno sostituire i punti luce con lampade del tip a

LED, assai più performanti soprattutto sotto il profilo della durata ed affidabilità rispetto ad altre tipologie di luci. Ciò comporta la messa in opera di nuove linee dedicate, con quadri di regolazione e comando che saranno ubicati all'interno del nuovo fabbricato servizi.

Poiché sarà eseguita la trasformazione dell'impianto luci con la tecnologia LED, riteniamo opportuno dotare la struttura cimiteriale di un adeguato impianto fotovoltaico, da collocare sopra le falde sud del corpo interno delle tombe di famiglia; si tratta di uno dei due fabbricati edificati in tempi recenti, all'interno dell'ampia corte posteriore del cimitero.

Nella elaborazione del progetto abbiamo voluto tenere conto di alcuni aspetti legati al **rito religioso** dell'estremo saluto e del riposo dei defunti. Infatti abbiamo ritenuto che un aspetto importante del progetto sia rivolto alla definizione del luogo di sepoltura (che per il rito cattolico è principalmente la sepoltura nella terra consacrata), che deve avere le caratteristiche di un "giardino", del luogo quindi del riposo eterno, in attesa della resurrezione, ma anche dell'incontro tra i vivi ed i loro cari defunti. E' quindi importante il decoro, l'intimità e la cura con il quale vanno progettati, realizzati e mantenuti questi luoghi. Da questo principio abbiamo fatto quindi discendere il progetto del campo principale dividendolo in tanti quadranti, ciascuno caratterizzato dalla presenza di spazi verdi, alberi ecc. Va inoltre garantita la riconoscibilità del defunto, per cui non è corretto pensare all'uso di lapidi, e arredi tutti uguali. Deve essere lasciata possibilità a ciascuno di identificare come crede il proprio o i propri defunti. La purtroppo tragica occasione del terremoto, ha fatto sì che molte chiese venissero danneggiate o addirittura distrutte. In genere le chiese presenti all'interno dei cimiteri, salvo casi eccezionali, non vengono utilizzate per le cerimonie funebri: queste si celebrano normalmente nelle parrocchie di provenienza del defunto. Ma a Sant'Agostino la chiesa parrocchiale ha subito danni rilevanti e quindi abbiamo ritenuto opportuno procedere, oltre che alla messa in sicurezza della chiesa interna al cimitero, a dotarla di elementi di arredo e impiantistici, minimi, per consentire la celebrazione dei riti del commiato.

## **6- RELAZIONE TECNICA \***

### **PRIME CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE ESISTENTI**

#### **6.1 PREMESSA**

A seguito dei macroscopici eventi derivanti dal sisma del Maggio 2012, il complesso cimiteriale del Comune di Sant'Agostino è stato coinvolto da una serie di fenomeni che hanno investito l'intera area e gran parte dei fabbricati.

Dopo una serie ripetuta di sopralluoghi svolti direttamente sul posto è stato possibile prendere visione di tutte le condizioni di dissesto che hanno coinvolto i fabbricati con particolare attenzione agli aspetti di carattere strutturale.

Si riportano di seguito una serie di osservazioni e considerazioni preliminari che possano contribuire nella impostazione di interventi di recupero, ripristino e miglioramento sismico delle strutture coinvolte.

Occorre sottolineare che uno studio di maggiore dettaglio, si rende però indispensabile per la conoscenza e l'approfondimento di tutte le principali tematiche di carattere strutturali che trovano descrizione solo in una veste puramente preliminare di impostazione generale.

Nella fase perciò di avanzamento del progetto (definitiva ed esecutiva) sarà necessario approfondire una campagna di indagini mirate sui diversi fabbricati presenti che consenta di raggiungere un livello di conoscenza sufficientemente analitico (LC2) per consentire la pianificazione di un progetto strutturale adeguato.

Non potranno essere trascurate indagini mirate alla conoscenza delle caratteristiche costruttive e meccaniche delle murature portanti proprie dei fabbricati più antichi.

Sondaggi in fondazione dovranno consentire di acquisire la piena conoscenza della quota del piano di posa dei fabbricati e delle caratteristiche costruttive delle fondazioni alla base delle strutture più delicate.

Rilievi mirati e specializzati dovranno inoltre consentire di risalire alle strutture dei solai ed in particolare modo delle coperture esistenti.

Il notevole sviluppo lineare dei diversi fabbricati ha posto subito in evidenza la sensibilità e criticità di tali strutture ai movimenti del terreno.

I fenomeni di liquefazione manifestatisi in modo ampio e preoccupante hanno esaltato dissesti e specifiche vulnerabilità che non possono in alcun modo essere sottovalutate nell'approfondimento del progetto.

## 6.2 RELAZIONE STRUTTURALE

L'impianto del complesso cimiteriale del Comune di Sant'Agostino risulta particolarmente articolato e diversificato da zona a zona.

L'intero cimitero si sviluppa su una planimetria di dimensioni complessive pari a circa mt 186 in senso longitudinale (direzione prossima est - ovest) e circa mt. 71 in senso trasversale (direzione prossima nord - sud) con parti organizzate alla sepoltura, differenziate fra loro.

In particolare la prima area che si incontra entrando dall'ingresso principale attestato sulla Strada Statale 255 è destinata ai campi di sepoltura con l'inumazione nel terreno e con parti costruite presenti soltanto lungo il bordo perimetrale.



L'ala perimetrale a nord è caratterizzata da un susseguirsi di cappelle di contenuta dimensione con tombe di famiglia mentre l'ala a sud risulta organizzata con un vero e proprio "padiglione" ad un solo piano fuori terra

destinato ad ossario e con strutture portanti estremamente esili e leggere, costituite da pilastri in muratura affacciati all'interno e contrapposti ad un setto continuo in muratura presente verso l'esterno che costituisce il perimetro di cinta stesso del cimitero.

La copertura risulta costruita con elementi strutturali in legno a sostegno di un manto tradizionale in coppi di laterizio.



La struttura di copertura attualmente non risulta direttamente visibile per la presenza di un controsoffitto in canniccio di arella intonacato, a conformazione di volte a crociera che richiamano solo dal punto di vista estetico l'impostazione dei porticati conventuali/religiosi.

Nella parte mediana del cimitero, a chiusura della prima area destinata alle inumazioni nel terreno, nella parte ovest sono presenti i fabbricati di maggiore valore storico collegati fra loro in modo continuo ed omogeneo da "porticati" destinati anche in questo caso ad ossari.



Il fabbricato centrale è costituito dalla cappella per le funzioni religiose con limitato sviluppo in pianta (circa mt 18x8) e già una significativa altezza se riferita soprattutto allo spessore delle pareti in muratura portante

Alle due estremità contrapposte del portico, sono presenti due "edifici" anche essi destinati agli ossari ma che assumono la conformazione e la caratteristica prossime a quelle di veri e propri volumi costruiti, che non quelle di porticati come invece presente nelle restanti parti.

Anche in tale caso ci troviamo in presenza di edifici con strutture portanti verticali in muratura per una altezza pari a circa due piani, ove grande risalto anche strutturale viene desunto dalle celle funerarie che costituiscono il legame ed il controvento di una struttura che altrimenti risulterebbe eccessivamente svincolata ed esile.

Superato lo sviluppo dei fabbricati principali disposti in posizione mediana all'interno del cimitero, ci si ritrova in una area dalle dimensioni più contenute e che costituisce il retro degli edifici principali, circondata anche da fabbricati di più recente conformazione destinati anche essi ad ossari.



La terza area posta nella parte più ad ovest del cimitero presenta caratteristiche ripetitive ma anche diversificate fra loro. Lungo tutto il perimetro sono presenti

“porticati” di più antica fattura destinati tutti ad ossari di sepolture del passato e con caratteristiche del tutto simili a quanto già esaminato per l’area in prossimità dell’ingresso.

Nella “corte” centrale sono invece presenti due fabbricati di più recente conformazione, destinati ad ossari ad un solo piano fuori terra e già impostati nel passato con strutture portanti in conglomerato cementizio armato pur presentando una tipologia architettonica tradizionale affrancata alle preesistenze.



Occorre evidenziare che pur in presenza di costruzioni ripetitive e dalla impostazione apparentemente semplice, la particolarità delle strutture cimiteriali è spesso caratterizzata da fattori che non devono essere sottovalutati per importanza e peculiarità.

Come in parte già anticipato lo sviluppo estremamente esteso di strutture basse, dalla rigidità contenuta pone tali costruzioni in condizioni di manifesta vulnerabilità ai cedimenti del terreno ed alle azioni sismiche che coinvolgono le fondazioni.

Se poi si tiene conto che l’attuale conformazione non è sicuramente scaturita da un unico progetto posto in atto in una fase unica ma piuttosto dalla continua aggregazione di porzioni che sono state aggiunte via via nel tempo, la sensibilità delle strutture trova ancora maggiore evidenza.

La costruzione nel tempo pone alla luce inoltre l'adozione di tecniche costruttive che si sono modificate successivamente e che, se pur presentano aspetti architettonico – estetici del tutto simili, manifestano invece comportamento strutturale disomogeneo e tale da doverne studiare caso per caso.

Una approfondita ricerca storica con precisa datazione delle fasi costruttive deve essere posta alla base di qualsiasi considerazione strutturale di merito, studio che dovrà inoltre essere abbinato alla conoscenza degli schemi e delle impostazioni costruttive oltre al fondamentale approfondimento delle caratteristiche meccaniche della muratura e dei componenti strutturali in genere, con individuazione anche delle masse in gioco, dei meccanismi resistenti e conseguentemente delle vulnerabilità legate ai cinematismi possibili.

### **6.3 BREVI CENNI SUI DISSESTI PRESENTI**

Con richiamo anche alle limitate indagini già eseguite in questa prima fase preliminare e che hanno portato alla stesura di specifici elaborati di rilievo dei danni e di approfondimento geotecnico occorre evidenziare che il "dissesto" strutturale sotto l'azione del sisma è riconducibile prevalentemente a tre condizioni abbastanza diverse fra loro :

- ◆ Gravi ed estesi fenomeni di liquefazione nel terreno
- ◆ Martellamenti fra compagini strutturali adiacenti
- ◆ Insufficienze strutturali vere e proprie presenti nelle singole costruzioni.

#### **a) Liquefazione**

L'intera area del Cimitero di Sant'Agostino è stata interessata da ampi e profondi fenomeni di liquefazione con apertura di fratture che attraversano in direzione sud – nord l'intero complesso.

In particolare occorre evidenziare che i fenomeni di liquefazione maggiormente evidenti hanno coinvolto il corpo centrale ove si ritrova la cappella per le funzioni religiose.

In questa posizione si è formata una fenditura che attraversa l'intero cimitero e che ha portato alla formazione di vistose fratture e vere e proprie separazioni strutturali fra un fabbricato e l'altro adiacente.

In corrispondenza della parte più a nord il dissesto ha coinvolto in modo articolato l'intero ossario nelle pareti strutturali che lo compongono



Ulteriori fenomeni di liquefazione del terreno si sono manifestati anche nella parte più ad ovest con sempre notevole influenza sulle strutture presenti.

Il porticato della "parte posteriore" in allineamenti ben precisi presenta gravi fessurazioni con distacco dei fabbricati ed ampi cedimenti. In corrispondenza dell'inizio di uno dei porticati si è formato un gradino per cedimento del terreno con "macro-movimento" della struttura in elevazione, lesioni, fratture dei diversi componenti architettonici e strutturali.



Sempre seguendo linee parallele fra loro, si ritrovano ulteriori fratture nel terreno riconducibili a fenomeni di liquefazione che hanno interessato l'area cimiteriale nella parte più interna a cui corrispondono sempre gravi danneggiamenti alle strutture in elevazione.

### **b) Martellamenti**

L'evoluzione costruttiva susseguitasi nel tempo, in molti punti del complesso cimiteriale ha favorito la formazione di danni alle strutture in elevazione derivanti da urti e martellamenti fra le diverse parti costruite in aderenza fra loro ma che presentano componenti strutturali autonome ed indipendenti.

L'assenza di giunti strutturali in elevazione di adeguata dimensione per tollerare i movimenti derivanti dal sisma ha esaltato fenomeni di interazione reciproca fra le diverse parti, con danni alle pareti in muratura, alle coperture ed alle finiture a queste correlate.

### **c) Insufficienze strutturali**

Pur riconoscendo che ci ritroviamo in presenza di fabbricati dallo sviluppo in elevazione contenuto e limitato a pochi piani, non si può trascurare la notevole dimensione presente in pianta per i fabbricati in esame che rendono la compagine strutturale limitata nelle risorse al sisma anche per la ridotta ed esigua rigidità degli elementi costruttivi.

Tutti gli edifici che presentano il maggior numero di danni risultano costruiti con strutture in elevazione in muratura e dotati di pareti dagli spessori contenuti in rapporto allo sviluppo in elevazione.

I fabbricati inoltre destinati ai portici con gli ossari sono stati realizzati con pilastri puntuali anziché con setti dallo sviluppo continuo; tale condizione esalta la limitata rigidità e conseguentemente la ridotta resistenza degli elementi strutturali principali oltre a presentare pochissimi muri trasversali che costituiscano un irrigidimento.

In contributo positivo alla risposta sisma risulta invece esercitato dalla impostazione e conformazione delle coperture che per la loro orditura non hanno elevata rigidità ma per il loro contenuto peso limitano l'azione del terremoto sui diversi fabbricati.

Gli scorrimenti dei singoli elementi lignei hanno comportato puntualmente lesioni nelle murature ed hanno esaltato sollecitazioni derivanti dagli schemi che via via sono diventati sempre più spingenti e non per questo studiati sin dalla origine.

Le coperture in generale in molti punti hanno manifestato un comportamento lontano dalla infinita rigidità di piano non consentendo una piena ridistribuzione delle sollecitazioni derivanti dal sisma con componenti di rotazione anche di tipo torsionale

che sono state all'origine di fratture e dissesti di ampia proporzione.

#### **6.4 PROPOSTE PROGETTUALI**

Sulla base delle conoscenze rese possibili in questa fase preliminare solo a seguito di sopralluoghi di tipo speditivo, dopo avere individuato i meccanismi principali e generalizzati di danno è stato possibile percorrere proposte progettuali a carattere ancora globale, senza entrare nel dettaglio di particolari costruttivi che andranno necessariamente approfonditi nelle fasi successive di avanzamento del progetto.

Dopo un confronto anche con gli altri progettisti (Arch. Vittorio Anselmi, Geom. Debora Fortini e Dott. Geologo Corrado Ballotta) è stato possibile individuare alcune linee "metodologiche" di approccio nel ripristino dei danni strutturali che derivano dai vari meccanismi di moto attivati dall'azione del sisma.

Un riguardo è stato posto alla notevole estensione del complesso con differenziazione dei diversi stati di dissesto e conseguentemente con gli interventi di ripristino che ne competono cercando di modulare "l'intensità" dei consolidamenti in funzione di diversi fattori esposti secondo un ordine di importanza :

- ◆ Livello di sicurezza strutturale presente
- ◆ Garanzia di condizioni di salubrità ed igiene presenti oggi a seguito dei dissesti manifestatisi
- ◆ Importanza delle funzioni attribuite ad ogni singolo fabbricato per l'attività cimiteriale
- ◆ Pregio architettonico e storico dei fabbricati in esame

Alla luce di questi aspetti, gli interventi di ripristino strutturale vengono pensati suddivisi per zone e tipologie costruttive con lavorazioni che per alcune parti possono presentare sviluppo esteso alla intera unità strutturale anche indipendentemente dagli specifici danni evidenziatisi.

L'impostazione strutturale ritenuta necessaria per il recupero dei fabbricati dovrà tenere conto del valore architettonico e storico e sarà perciò mirata a perseguire livelli di sicurezza finalizzati al miglioramento sismico e non il più alto livello di vero e proprio adeguamento sismico secondo anche le indicazioni fornite dalle seguenti normative :

- D.M. 14.01.2008 (ntc 2008)
- Circolare n. 26 del 02.12.2012 "linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alla Nuove Norme tecniche per

le costruzioni D.M. 14.01.2008”

- Circolare n. 617 del 02.02.2009 “Istruzioni per la applicazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008”
- Circolare M.BB.A.P. 10175 del 05.06.2007
- Istruzioni C.S.LL.PP. n. 66 del 21.07.2006
- D.P.C.M. 29.01.2008 “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per la costruzione”

L’impostazione preliminare del progetto strutturale fra riferimento ai seguenti “capitoli principali” che coinvolgono tutti gli aspetti interdisciplinari coinvolti.

### **a) Fondazioni**

I vistosi fenomeni legati alla liquefazione dei terreni trovano ampio coinvolgimento di tutte le compagini geotecniche ed in gran parte a queste dovranno essere riferite.

Tenuto conto della sensibilità dei fabbricati presenti e della manifestazione in specifici punti di danni derivanti dalle fondazioni si renderà necessaria la esecuzione di opere che prevedono la piena riqualificazione delle condizioni legate al piano di posa dei fabbricati.

In particolare per i fabbricati presenti nella parte più interna ove sorgono la cappella ed i due fabbricati destinati agli ossari, per la loro salvaguardia si prevede la realizzazione di fondazioni profonde mediante la esecuzione di pali affiancati con le fondazioni superficiali già oggi esistenti in grado di trasferire il sostentamento dei fabbricati a strati meno sensibili alle condizioni di liquefazione.

La mitigazione dei fenomeni generali nel terreno che danno origine alla liquefazione risulta ancora oggi oggetto di ricerca e studio in campo sperimentale, si ritiene però, dopo che verrà sviluppato uno studio geotecnico allo scopo mirato, di ritenere idonea la installazione di pozzi di profondità in grado di governare e dare “sfogo” alle pressioni sotterranee derivanti dagli “impulsi” esercitati negli strati sabbiosi saturi di acqua dal terremoto.

### **b) Elevazione**

Per quanto riguarda le strutture in elevazione oltre ad interventi ovviamente mirati alla riparazione dei danni manifestatisi nelle murature mediante lavorazioni di “cuci scuci”, iniezioni di malte in pressione differenziati in funzione della ampiezza e gravità delle lesioni presenti si ritiene necessario riqualificare l’orditura delle strutture lignee di

copertura per ridare loro un assetto regolare, ordinato e di massimo equilibrio, eliminando tutte le condizioni che possano rendere eventualmente spingenti gli elementi strutturali ed integrando la soluzione nel piano della falda e/o nel piano orizzontale sopra i controsoffitti con strutture reticolari in acciaio con funzione di controventamento.

In corrispondenza di archi e/o volte in muratura che presentano vistosi dissesti, in taluni casi si renderà necessaria la riqualificazione e la installazione di catene che garantiscono l'equilibrio al vincolo ed il corretto funzionamento delle sezioni compresse e spingenti.

Particolare attenzione si rende necessaria nel valutare anche il comportamento del "solaio" del piano di calpestio di gran parte dei "porticati" ove sono più evidenti discontinuità e dissesti esercitati dal sisma.

Nei punti ove si sono presentate le maggiori fratture sui setti verticali in muratura si potrà rendere necessaria la riqualificazione del legame costruttivo fra le diverse pareti con eventualmente anche l'introduzione di tiranti fra le diverse parti.

Solo con l'approfondimento indispensabile nella fase del progetto definitivo ed ovviamente esecutivo sarà possibile esplicitare punto per punto gli specifici interventi necessari per la piena riqualificazione delle componenti strutturali dopo avere potuto esaminare ed ispezionare tutte le compagini oggi non accessibili e dopo avere eseguito gli specifici studi e calcoli in ambito sismico che possano porre in luce le vulnerabilità insite nella costruzione dei diversi fabbricati.

### **Ing. Davide Grandis**

MezzadrIngegneria s.r.l. – Società di Ingegneria – Via Mulinetto 35, 44122 FERRARA -- P.IVA 01630730388 - Tel. 0532-765117 - fax. 0532-769513 – e-mail: info@mezzadrIngegneria.it