



# PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA

Via E. Borelli, 35 Catanzaro



## COMUNE DI BISIGNANO

Provincia di Cosenza

### PROGETTO ESECUTIVO

RECUPERO, RESTAURO E MIGLIORAMENTO  
SISMICO DELLA CHIESA DELLA RIFORMA, XIII sec.  
PIAZZALE DELLA RIFORMA  
SANTUARIO SANT'UMILE IN BISIGNANO (CS)

### 1° LOTTO FUNZIONALE

COMMITTENTE PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA  
IL PROVINCIALE FRA FABIO OCCHIUTO

#### PROGETTISTI:

ARCH. ANTONIO MALIVINDI  
ING. FRANCESCO NUCERA  
GEOL. CARMINE MALIVINDI

#### COLLABORATORI

ARCH. ALFONSO GRILLO  
ARCH. CATERINA MESSINA  
ARCH. MARIA ROSA RIZZO  
ING. ANTONIO CONDELLO  
ING. BIODINO MERCURI  
GEOL. SALVATORE MAIONE

RUP: ARCH. ANTONIO MALIVINDI



B O L L I

#### PROGETTISTI

arch. A. Malivindi  
ing. F. Nucera  
geol. C. Malivindi

#### COMMITTENTE

Rappresen. Legale  
Fra Giuseppe Maiolo

Il Provinciale  
Fra Fabio Occhiuto

G  
TAVOLA

GENERALE  
RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

DATA

NOVEMBRE 2017

ELABORATO

GENERALE

1 G1



**RECUPERO, RESTAURO ED  
ADEGUAMENTO SISMICO DELLA  
CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.  
SANTUARIO SANT'UMILE**

Committente:

**PROVINCIA DEI FRATI MINORI  
DI CALABRIA E BASILICATA**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

ai sensi dell'art.34 del DPR207/06

Pag. 1 / 40



## **PROGETTO ESECUTIVO**

*art. 33 D.P.R. n.207/2006 – D.lgs 50/2016*

**RECUPERO, RESTAURO E MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA  
CHIESA DELLA RIFORMA, XIII SEC. PIAZZALE DELLA RIFORMA  
SANTUARIO SANT'UMILE IN BISIGNANO (CS)**

### **1° LOTTO FUNZIONALE**

## **RELAZIONE GENERALE**

*art. 34 D.P.R. n.207/2006*

*li, 20/11/2017*

### **I PROGETTISTI**

*Arch. Antonio Malivindi  
Ing. Francesco Nucera  
Geol. Carmine Malivindi*

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |             |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 2 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |

## SOMMARIO

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. CENNI STORICI                                                                              | 3  |
| 2. DESCRIZIONE DEL MONUMENTO                                                                  | 7  |
| 3. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO                                                           | 10 |
| 4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI                                                   | 11 |
| 4.1 - PREMESSA                                                                                | 11 |
| 4.2 - VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA ED EFFICACIA DEGLI INTERVENTI                       | 13 |
| 4.3 - LIVELLO DI CONOSCENZA                                                                   | 18 |
| 4.4 - ANALISI STORICO-CRITICA                                                                 | 19 |
| 4.5 - RILIEVO GEOMETRICO E STRUTTURALE                                                        | 20 |
| 4.6 - CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI                                               | 21 |
| 4.7 - RILIEVO MATERICO COSTRUTTIVO E LO STATO DI CONSERVAZIONE                                | 22 |
| 4.8 - ASPETTI GEOTECNICI                                                                      | 23 |
| 4.9 - ANALISI STATICA NON LINEARE                                                             | 23 |
| 4.10 - FATTORE DI CONFIDENZA                                                                  | 24 |
| 4.11 - MIGLIORAMENTO ANTISISMICO                                                              | 27 |
| 4.12 - DISTRIBUZIONI DI CARICO                                                                | 29 |
| 4.13 - PROGETTO STRUTTURALE                                                                   | 29 |
| 4.14 - PROGETTO DELL'INTERVENTO                                                               | 29 |
| 4.15 - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI                                                           | 30 |
| 4.16 - INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI                                 | 31 |
| 4.17 - MIGLIORAMENTO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE                          | 35 |
| 4.18 - INTERVENTI PER IL MIGLIORAMENTO DELLO SCHEMA STRUTTURALE IN PROSPETTIVA<br>ANTISISMICA | 38 |
| 4.19 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SUGLI INTERVENTI DA EFFETTUARE                               | 38 |
| 5. ELENCO ELABORATI                                                                           | 39 |

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        |

Pag. 3 / 40

## 1. CENNI STORICI

L'origine dell'insediamento Francescano in Bisignano si fa risalire al 1222, come attesterebbe una data apposta sul capitello di una colonnina del chiostro.

La chiesa-convento di S. Francesco d'Assisi fu costruita sotto il vescovo Guglielmo da Bisignano (1221-1245), mentre bisogna attendere il 1254 per ritrovare un vescovo francescano, tal Ranuccio dei Frati Minori, inquisitore (1254-1259), anche se il suo governo non pare possa essere messo in relazione con le fasi costruttive del complesso monastico di Bisignano, almeno degli inizi, in quanto, in genere, l'intervallo di tempo fra la costruzione della prima sede di una comunità e la realizzazione della sede definitiva era molto ampio e i tempi di costruzione dell'edificio conventuale non coincidevano quasi mai con quelli della edificazione della rispettiva chiesa.

Il Santuario di S.Umile in Bisignano conserva, tra le altre opere d'arte, una tela ad olio (m 2,00x1,60) del XVII o XVIII sec. attribuita alla scuola di Luca Giordano (cfr. A. Frangipane, L'arte in Calabria), raffigurante il martirio di S. Daniele Fasanella, posta nella parete di destra, entrando, della navata centrale, con dipinta la seguente iscrizione:

"HOC VINCENZIUS ANTONIUS DANIELIS HONORE  
SANGUINIS EIUDEM DAT FASANELLA SACRUM".

Sul luogo dove sorse il convento nel XIII sec., era una catacomba che la tradizione vuole dei primi martiri cristiani bisignanesi. Oggi, nel soccorpo della chiesa un profondo cunicolo a forma di "L", di circa 8,00 metri complessivi di lunghezza, introduce in un vano rettangolare delle dimensioni di metri 3,60x2,50, proprio sotto l'altare maggiore.

### CHIESA E CONVENTO DELLA RIFORMA, XIII sec



|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        |

Pag. 4 / 40

La primitiva casa francescana del XIII sec. fu ampliata nel 1380 dai Minori Conventuali, per poi appartenere agli Osservanti nel 1441 (cfr. Fiore, Calabria illustrata t. II), mentre altre fonti (cfr. G.Gallo fu Carlo, Bisignano- Arte Storia Folklore.) affermano che fu loro concessa nel 1445 con bolla di Eugenio IV, bolla che però non risulta registrata nel "Bollario francescano" e nel "Regesto Vaticano per la Calabria" di P. Francesco Russo. Verificabile è invece una bolla di Sisto IV del 15 maggio 1475 in cui, diversamente, la chiesa non risulta ancora passata agli Osservanti. Secondo Luca Wadding, biografo di S. Francesco, la cessione del convento agli Osservanti avvenne nel 1541, in seguito alla richiesta di Tommaso Sanseverino, Principe di Bisignano, mentre nel "Regesto Vaticano per la Calabria" compare la data 1560.

Gli Osservanti lo destinarono a sede del secondo noviziato della Provincia di Calabria.

Nel 1593 (cfr. G. Gallo, Cronistoria di Bisignano) o nel 1599(cfr D. Martire, Calabria sacra e profana, t. II) il convento di S.Francesco d'Assisi di Bisignano passò ai Riformati, oggi Minori Francescani, che lo custodiscono attualmente.

La chiesa-convento della Riforma di Bisignano è conosciuta, anche fuori dell'ambito della Calabria, in quanto qui visse una delle figure più alte del Francescanesimo calabrese, **Frate Umile (1582-1637)**, assunto agli onori degli altari ed oggetto di grande venerazione non soltanto da parte dei bisignanesi, ma anche da parte della popolazione dei centri vicini.

Si ritiene opportuno fare un cenno alla straordinaria





|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |             |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 5 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |

figura di detto Fra Umile, anche perchè la chiesa della Riforma è oggi denominata e, forse anche meglio, conosciuta come il Santuario del Beato Umile.

Interessanti sono le contingenze storico-culturali che resero tanto celebre e celebrato il frate calabrese. Il panorama politico culturale a Bisignano tra la fine del '500 e la prima metà del '600 in cui si trovò a vivere ed operare frate Umile è segnato da " .... quella società complessa e tormentata, piena di emergenti inquietudini barocche, cui il Beato contrappone un forte senso dell'umiltà, scelta come dimensione esistenziale .... "

(R. D'Alessandro, Bisignano società, economia e costume nel 1600, pag. 21).

Fra Umile, al secolo Lucantonio Pirozzo, nacque a Bisignano il 02 agosto 1582, da genitori contadini, Giovanni e Ginevra Giardini, in una modesta casetta sita nel rione S. Pietro. La vicenda storica del Beato Umile ha inizio nel 1582, esattamente venti anni dopo la conclusione del Concilio di Trento (1545-1563), della cui spiritualità è figlio il frate bisignanese. Di carattere mite e dolce, sin da bambino dimostrò profonda vocazione religiosa e inclinazione alla meditazione e alla preghiera.

Nonostante l'opposizione dei suoi familiari, che avrebbero preferito avvalersi del suo aiuto nei lavori dei campi, all'età di diciassette anni, decise di entrare in convento per mettersi al servizio del Signore e del prossimo.

Fu mandato a fare il noviziato nel convento di Dipignano (CS), dove all'età di ventisette anni, vestiva il saio di confratello laico, prendendo il nome di Frate Umile. Fu, poi, mandato, per completare la sua preparazione,

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUEMNTNO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |             |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 6 / 40 |
|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |             |

nel convento di Mesoraca (CZ) e successivamente in altri conventi dei Minori Francescani della provincia di Cosenza e della Calabria, dove incominciarono a manifestarsi segni tangibili della sua santità.

Si racconta che nel giugno 1619, nel convento della Riforma, mentre era assorto in preghiera dinanzi alla statua marmorea della Madonna delle Grazie, si verificò per la prima volta il dono divino dell'estasi di Frate Umile.

Lo straordinario fenomeno ebbe grandissimo clamore nella popolazione di Bisignano e dei Comuni vicini.

Il 20 Dicembre del 1718, le spoglie mortali di Frate Umile vennero, in forma solenne, traslate e tumulate alla sinistra dell'altare maggiore della Riforma.

Nel 1694 inizio il processo di beatificazione. Il 04 ottobre 1780, Papa Pio VI decretava la "Venerabilità" di Frate Umile da Bisignano, ma la beatificazione si otteneva solo il 21 novembre 1875, sotto Papa Pio IX. Il 27 marzo 1881, dopo la pubblicazione del decreto di beatificazione, sotto Papa Leone XIII, Frate Umile da Bisignano veniva ufficialmente innalzato agli onori degli altari ed esposto alla venerazione dei fedeli.

(cfr. R. Curia, Bisignano nella storia del Mezzogiorno).

Le reliquie del Beato sono state rubate negli scorsi anni '70 e non più ritrovate.

Nella chiesa della Riforma, precisamente nella terza campata della navata minore, si apre la cappella dedicata al Beato Umile, annessa al corpo dell'edificio della chiesa dopo la beatificazione, sul finire del XIX sec.. Sul soffitto dello spazio antistante la cappella del Beato Umile è dipinta un'iscrizione: "LESVS TANTUM HUMILIS GLORIATUR"



|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |             |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 7 / 40 |

All'interno della chiesa sono conservate numerose opere di notevole importanza, tra queste si possono citare:

- la statua della "**Madonna delle Grazie**", in finissimo marmo, del 1532;
- scultura lignea "**il Crocifisso ligneo**" a grandezza naturale, dell'artista siciliano frate Umile da Petralia Soprana, al secolo Giovanni Francesco Pintorno (1601-1639),

## 2. DESCRIZIONE DEL MONUMENTO

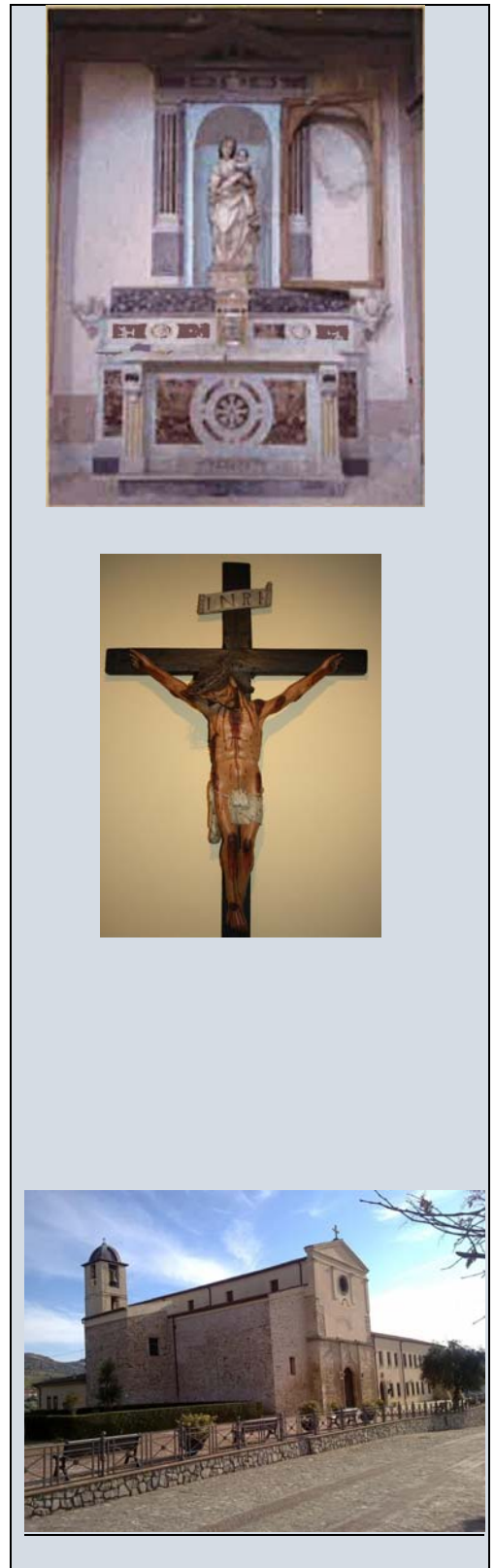
Il complesso conventuale della Riforma "extra civitatem positam" costruito all'esterno della cerchia urbana dell'antica Bisignano, sorge su un promontorio in posizione dominante rispetto alla vallata del Crati.

Data la sua distanza dall'agglomerato, il convento è rimasto, nel tempo, perfettamente distinto dal paesaggio urbano. La recente espansione edilizia ha, in parte, modificato il contesto naturale in cui il complesso conventuale è collocato, nonostante il vincolo storico-paesaggistico posto dalla Sovrintendenza ai B.A.A.S. per la Calabria.

Il convento e la chiesa di oggi sono il risultato di molti e notevoli rimaneggiamenti e trasformazioni, anche radicali, avvenuti sul primitivo impianto che ne rendono la lettura e l'analisi linguistica estremamente difficoltosa ed incerta.

La chiesa ha l'asse principale in direzione est-ovest, orientata canonicamente con la facciata ad occidente, che si conclude a capanna coronata da pseudo trabeazione, dietro cui si svolge la copertura a falde inclinate.

Planimetricamente l'edificio della chiesa è costituito da





|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |             |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 8 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |

una navata centrale ed una laterale, minore, a sinistra di chi entra, scandita dalla successione di quattro arcate a tutto sesto, a filo con il muro perimetrale, impostate su pilastri cruciformi, che si svolge con regolarità a partire dalla facciata fino al presbiterio. Sul lato opposto ritroviamo le medesime arcate, cieche, addossate al muro perimetrale della chiesa confinante col convento.

La navata laterale, occupata da altari e cappelle gentilizie comunicanti, fino agli ultimi restauri del 1980, ha costituito, essenzialmente, articolazione chiaroscurale del vano maggiore, piuttosto che rivestire funzione prioritaria di passaggio, considerate anche le dimensioni contenute. Essa, infatti, è costituita da campate di m. 4,00x4,00 circa. Relativamente alla larghezza la navata centrale è in rapporto dimensionale 2:1 con la minore.

La navata centrale è coronata e chiusa, ad est, dallo spazio presbiterale di forma poligonale.

La chiesa conserva ancora l'artistico portale in pietra tufacea risalente probabilmente " ... all'epoca dell'ampliamento per opera degli Osservanti (XV sec.), ad arco scemato poggiante su capitellini a fogliame, tra gli stipiti con fasci di colonnine contigue e costoloni lisci. Grandi lesene e prolungate colonnine decorano il lato dello stipite e in alto compongono una cimasa a cuspide goticizzante ... ".

Riguardo l'edificio del convento, esso è una costruzione a " C " confinante con il lato destro della chiesa e fornita di chiostro porticato, ad un livello.

L'edificio quattrocentesco, ereditato dai Riformati aveva le caratteristiche dei conventi Osservanti: chiostro quadrato, formato da ventiquattro archi di linea ogivale,



|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |             |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 9 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |             |

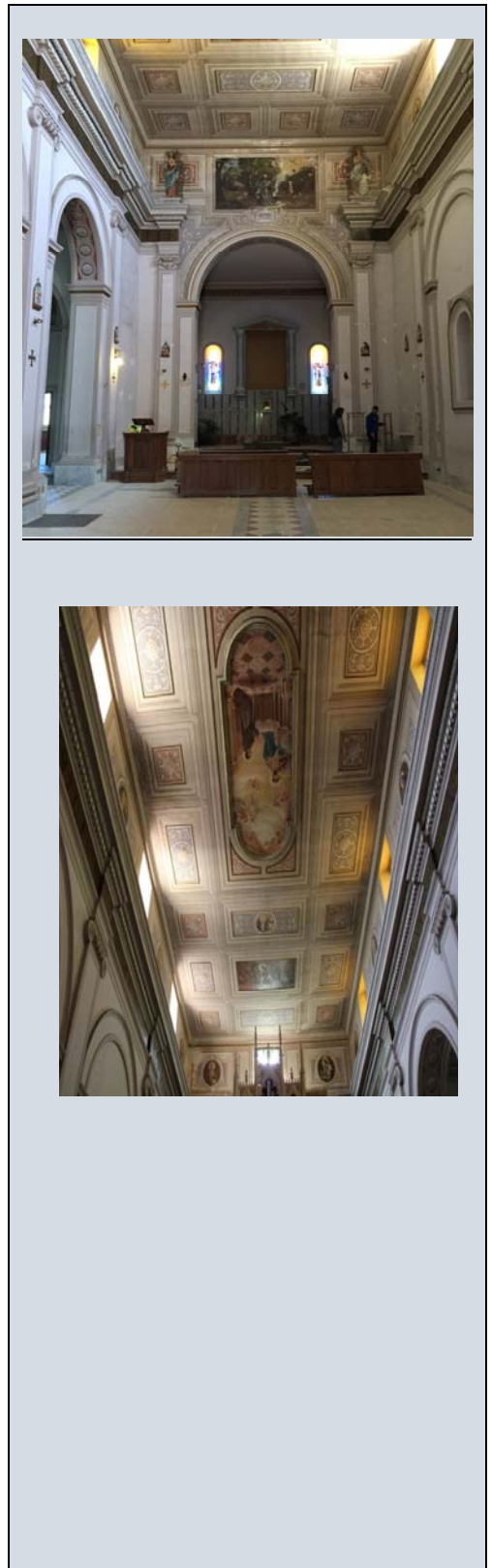
impostati su pilastri, a sezione prismatica, in pietra tufacea, con cisterna non centrale (m. 8,40x4,00x7,00), uno dei rarissimi esempi di questo genere.

L'interno della Chiesa è stato decorato, nelle fattezze attuali, durante i restauri del 1938-39, quando, rifatto il tetto e il soffitto, si provvide a decorarlo, con cicli pittorici relativi ad episodi della vita del Beato Umile da Bisignano e, sull'arco trionfale sopra l'altare maggiore, è ricordato uno dei momenti più alti del Francescanesimo, San Francesco che riceve le SS. Stimate.

Le decorazioni del soffitto e delle pareti della chiesa furono eseguite dall'operoso pittore Cav. Emilio Juso da Rose (1907-1965) e dai discepoli di questi Mario Lionetti da Cosenza, Agostino De Falchi da Roma ed Eugenio Senise da Rose, come si documenta in diversi articoli di giornali nazionali tra cui il "Giornale d'Italia", "L'Osservatore Romano", "L'Avvenire" e giornali regionali, "Cronaca di Calabria" (23 luglio 1939), dell'epoca

Un organo monumentale, attualmente non funzionante ed in attesa di restauro, è collocato nella cantoria poggiante su due colonne, sulla parete d'ingresso. Esso fu costruito nel 1894 a spese della "Congregazione della Carità", ".... costato nove o dieci mila lire e composto da 1300 canne ...."

(Cronaca del Convento, vol. I, pag. 3).



|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 10 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

### 3. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 14 gennaio 2008 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Supplemento Ordinario n. 30 alla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008).
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Supplemento Ordinario n. 27 alla Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009).
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011 e ss.mm.ii. Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008.
- Decreto Legislativo n.42 del 22/01/2004. Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio.

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        |

Pag. 11 / 40

#### **4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI**

##### **4.1- Premessa**

Con l'intervento in progetto si affronta esclusivamente la problematica legata al consolidamento strutturale ed alla sicurezza sismica del monumento, vengono di conseguenza studiati ed individuati gli interventi ritenuti più idonei per la specifica situazione in cui versa la fabbrica Francescana di Bisignano.

Il consolidamento strutturale di una chiesa pone problematiche differenti rispetto all'edilizia ordinaria, per l'esigenza prioritaria della conservazione, legata ai valori storico-artistico di cui essa è portatrice e comunque si configura sempre come un intervento di miglioramento sismico piuttosto che di adeguamento sismico, per come citano le normative vigenti in materia, con l'obiettivo di un aumento di sicurezza nei confronti della sollecitazione sismica e di un mantenimento della specifica funzionalità della costruzione, evitando operazioni inutilmente pesanti e costose che spesso deturpano o snaturano luoghi e opere, conseguendo, per l'inattendibilità del modello di calcolo, solo un illusorio, maggior grado di sicurezza.

Con la fase del rilievo dello stato di fatto, quale lettura oggettiva del manufatto, si è avviata la verifica di eventuali danni d'origine o danni subiti nel tempo, la ricerca delle regole d'arte non seguite, al fine di risolvere gli eventuali problemi di funzionalità statica e realizzare una maggiore resistenza all'azione sismica senza modificare o alterare il comportamento globale della struttura.





|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 12 / 40 |

Il progetto di consolidamento si organizza su alcuni capisaldi:

- ✓ Conoscenza delle caratteristiche architettoniche dell'opera per meglio valutare il grado e l'impegno di conservazione che essa richiede;
- ✓ Individuazione dello schema strutturale, con particolare attenzione alle fasi costruttive, ai materiali adottati e ai magisteri costruttivi, sia nell'insieme sia nelle singole parti dell'oggetto di intervento, con l'apporto di indagini strumentali;
- ✓ Ricostruzione di eventuali danneggiamenti subiti e degli interventi effettuati nel tempo;
- ✓ Individuazione di eventuali dissesti in atto e valutazione delle attuali condizioni di sicurezza;
- ✓ Giudizio di vulnerabilità sismica;
- ✓ Scelta e definizione progettuale degli interventi.

La struttura portante della fabbrica allo stato è costituita da muratura in pietrame disordinato e ciottoli; per alcune porzioni, come ad esempio per parte del campanile, le murature sono in mattoni pieni e malta di calce. Nelle diverse apparecchiature murarie è presente un apprezzabile quadro fessurativo causato da cedimenti differenziali indotti da una frana. Il quadro fessurativo è stazionario allo stato attuale essendo stati anche effettuati i necessari interventi di stabilizzazione del versante in frana.

La navata laterale ha una copertura costituita da cordoli perimetrali in cemento armato e soletta con travi IPE tavelle e soletta in calcestruzzo. La navata principale ha copertura costituita da capriate in legno; recentemente sono state inserite nuove capriate portanti in acciaio.





|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 13 / 40 |
|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |

#### **4.2 - Valutazione della sicurezza sismica ed efficacia degli interventi**

Per quanto concerne i requisiti di sicurezza da considerare per i beni architettonici di valore storico artistico sono opportunamente ridefiniti gli stati limite di riferimento, che non si riferiscono solo ad esigenze di salvaguardia del manufatto e dell'incolumità delle persone (Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV) e di funzionalità (Stato Limite di Danno, SLD), ma anche ai danni nei beni di valore artistico in esso contenuti (Stato limite di Danno ai beni Artistici, SLA, come successivamente definito). Trattasi di una costruzione esistente per la quale la sicurezza strutturale sarà valutata in termini di verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed in particolare allo stato limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV). Pertanto all'azione sismica di riferimento è associata una probabilità di superamento del 10% nel periodo di riferimento VR.

Per i beni culturali tutelati è necessario attenersi ad interventi di miglioramento, a riparazioni o ad interventi locali (punto 8.4 delle NTC). Con il termine di miglioramento si deve intendere l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni. Riparazioni o interventi locali interessano invece porzioni limitate della costruzione, e devono essere soggetti a verifiche locali; nel caso dei beni tutelati è comunque richiesta anche una valutazione della sicurezza complessiva, in forma

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 14 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

semplificata, in modo da certificare che non siano peggiorate le condizioni di sicurezza preesistenti. Per la progettazione degli interventi vengono quindi introdotti due diversi livelli di valutazione:

- ✓ LV2 (riparazione o intervento locale) - valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di analisi locale; in questo caso la valutazione dell'azione sismica allo SLV per l'intero manufatto, comunque richiesta, viene effettuata con gli strumenti del livello LV1;
- ✓ LV3 (intervento di miglioramento) - progetto di interventi diffusi nella costruzione, che per quanto possibile non dovrebbero modificare il funzionamento strutturale accertato attraverso il percorso della conoscenza (§ 4); le valutazioni devono riguardare l'intero manufatto, e possono utilizzare un modello strutturale globale, nei casi in cui questo possa essere ritenuto attendibile, o i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2, purché applicati in modo generalizzato su tutti gli elementi della costruzione (l'esperienza acquisita a seguito dei passati eventi sismici ha infatti mostrato come, per gli edifici storici in muratura, il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate della costruzione, definite nel seguito macroelementi). Il livello di valutazione LV3 può essere utilizzato anche quando, in assenza di un progetto di intervento, venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto.

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 15 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

Pur nella consapevolezza che non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari, è comunque necessario calcolare i livelli delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella situazione successiva all'eventuale intervento. A tale fine dovranno essere impiegati i modelli ritenuti più affidabili.

Ribadito quindi che per i beni culturali tutelati è possibile derogare rispetto all'adeguamento, dal punto di vista operativo, una possibile procedura in applicazione ai concetti espressi è la seguente:

- ✓ valutazione dell'indice di sicurezza sismica nella situazione attuale (funzionamento accertato): in questa fase si dovrà tenere debitamente conto anche di valutazioni qualitative su situazioni di vulnerabilità riconosciute ma difficilmente quantificabili;
- ✓ valutazione dell'indice di sicurezza sismica al quale il manufatto può essere portato con interventi compatibili con le esigenze di tutela:

a) se l'indice di sicurezza sismica raggiungibile, che tiene conto della pericolosità del sito, delle caratteristiche del manufatto e della sua destinazione d'uso, è maggiore o uguale ad uno, l'intervento di miglioramento è pienamente soddisfacente anche dal punto di vista della sicurezza, valutata attraverso un procedimento quantitativo;

b) se l'indice di sicurezza sismica raggiungibile è inferiore a

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 16 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

quello auspicabile, ovvero sarebbero necessari interventi troppo invasivi, il progettista può giustificare l'intervento ricorrendo anche a valutazioni qualitative, che dovranno essere tradotte in termini quantitativi, adeguatamente giustificati in una relazione esplicativa ad integrazione della relazione di calcolo.

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

#### **In conclusione:**

1. la valutazione nei riguardi dello **SLV** è richiesta per ciascun manufatto tutelato, anche se non soggetto ad uso, in quanto garantisce non solo la salvaguardia degli occupanti ma anche la conservazione stessa del manufatto;

2. la valutazione nei riguardi dello **SLD** è richiesta, a livello complessivo, per i manufatti tutelati di cui si vuole sostanzialmente garantire la funzionalità dopo il terremoto, in relazione al loro uso;

3. la valutazione nei riguardi dello **SLA** è richiesta, esclusivamente a livello locale, nelle parti della costruzione in cui sono presenti elementi di particolare valore storico artistico; gli organi di tutela possono richiedere un livello di protezione sismica differenziato, in relazione alla rilevanza storico-artistica di tali elementi, prendendo in considerazione nei casi più significativi anche l'azione

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 17 / 40 |

sismica per lo **SLV**.

Nel caso di progettazione di un intervento di miglioramento sismico (LV2, LV3), può essere opportuno riferirsi direttamente alla vita nominale, ovvero valutare la vita nominale corrispondente allo stato attuale e quella ottenibile a seguito dell'intervento dove

$$V_N = -\frac{T_{SL}}{C_U} \ln(1 - P_{VR})$$

TSL è il periodo di ritorno dell'azione sismica che porta al raggiungimento del generico stato limite valutato prima e dopo l'intervento e PVR è la probabilità di superamento relativa allo stato limite considerato (ad esempio 10% per lo SLV).

Prima di procedere alla calibrazione dell'intervento strutturale sono state eseguite le seguenti indagini:

- livello di conoscenza;
- analisi storico critica;
- rilievo geometrico e strutturale;
- caratterizzazione meccanica dei materiali;
- il rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione.

Il percorso della conoscenza può essere ricondotto alle seguenti attività:

1. l'identificazione della costruzione, la sua localizzazione in relazione a particolari aree a rischio, ed il rapporto della stessa con il contesto urbano circostante; l'analisi consiste in un primo rilievo schematico del manufatto e nell'identificazione di eventuali elementi di pregio (apparati decorativi fissi, beni artistici mobili) che



|                                                                                   |                                                                                                                       |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUEMNTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                       | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 18 / 40 |
|                                                                                   |                                                                                                                       |                                                                                |              |

- possono condizionare il livello di rischio;
2. il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale, inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi;
  3. l'individuazione della evoluzione della fabbrica, intesa come sequenza delle fasi di trasformazione edilizia, dall'ipotetica configurazione originaria all'attuale;
  4. l'individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente, nell'accezione materica e costruttiva, con una particolare attenzione rivolta alle tecniche di realizzazione, ai dettagli costruttivi ed alla connessioni tra gli elementi;
  5. l'identificazione dei materiali, del loro stato di degrado, delle loro proprietà meccaniche;
  6. la conoscenza del sottosuolo e delle strutture di fondazione, con riferimento anche alle variazioni avvenute nel tempo ed ai relativi dissesti.

#### **4.3 - Livello di conoscenza**

Si è fatto riferimento a dei dati acquisiti mediante l'osservazione diretta della geometria e alla conoscenza materico-costruttiva della qualità della fabbrica.

E' stato conseguito un livello di conoscenza di cui al D.M. 14.01.2008 punto 8.5.4. Seguendo le indicazioni riportate nella Circolare del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 617 del 2 febbraio 2009, in funzione del livello di conoscenza raggiunto, è stato adottato un opportuno fattore di confidenza (Tabella C8A.1).

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 19 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

Data la tipologia di materiale impiegato per la costruzione si è adottato in fase di verifica di vulnerabilità sismica un livello di conoscenza LC2.

#### **4.4 - Analisi storico-critica**

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale esistente e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, nonché gli eventi che lo hanno interessato. Per la valutazione della sicurezza e per la progettazione degli interventi si è tenuto conto dei seguenti aspetti:

- la costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- la struttura potrebbe presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione del modello strutturale si è inoltre tenuto conto dei seguenti aspetti:

- la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive che verranno eseguite;
- la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;
- i carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 20 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive che sono propedeutiche alla redazione di un opportuno e calibrato intervento di miglioramento delle prestazioni antisismiche della costruzione.

E' previsto l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso, nelle verifiche di sicurezza, di adeguato "fattore di confidenza", che modifica i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali.

Il primo passo della conoscenza consiste nella corretta e completa identificazione dell'organismo e nella sua localizzazione sul territorio, al fine di individuare la sensibilità della fabbrica nei riguardi dei diversi rischi ed in particolare di quello sismico. Questa fase dell'analisi comprende anche un primo rilievo schematico del manufatto, od un semplice eidotipo, in grado di descriverne la consistenza di massima e la localizzazione di eventuali elementi particolarmente sensibili al danneggiamento che, nel caso di perdita, porterebbero ad un danno irrimediabile al patrimonio culturale, condizionandone il livello di rischio.

L'identificazione degli elementi di pregio dovrà essere utilizzata anche per l'individuazione di possibili zone di sacrificio ove realizzare eventuali indagini distruttive e localizzare eventuali interventi di rinforzo.

#### **4.5 - Rilievo geometrico e strutturale**

Il rilievo geometrico-strutturale ha come oggetto sia la geometria complessiva dell'organismo che quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le



|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 21 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

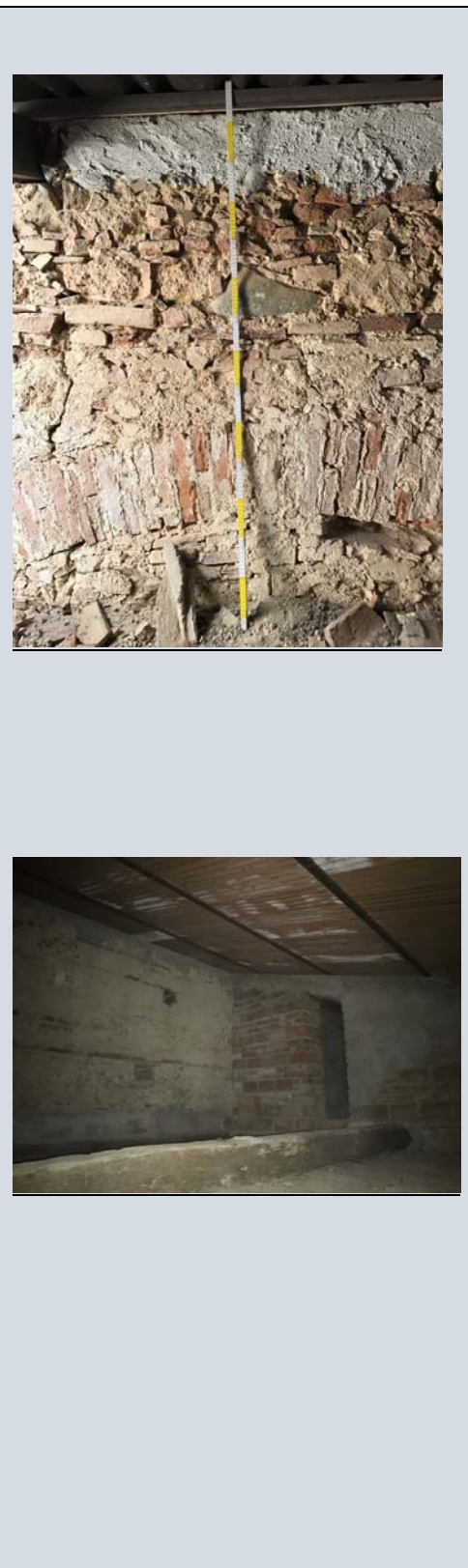
eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo sono state considerate eventuali modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica. Il rilievo consente di individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Sono stati altresì rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, come il ribaltamento parziale dal proprio piano di sede di alcuni pannelli murari ponendo particolare attenzione all'individuazione dei quadri fessurativi e degli eventuali meccanismi di danno.

Viene rilevato e rappresentato l'eventuale quadro fessurativo, in modo tale da consentire l'individuazione delle cause e delle possibili evoluzioni delle problematiche strutturali dell'organismo. Le lesioni sono classificate secondo la loro geometria (estensione, ampiezza) ed il loro cinematisma (distacco, rotazione, scorrimento, spostamento fuori dal piano). Successivamente, considerato che le fasi della conoscenza non sono sequenziali, potrà essere associato ad ogni lesione, o ad un insieme di lesioni, uno o più meccanismi di danno che siano compatibili con la geometria dell'organismo e della sua fondazione, con le trasformazioni subite, con i materiali presenti, con gli eventi subiti. In maniera similare le deformazioni andranno classificate secondo la loro natura (evidenti fuori piombo, abbassamenti, rigonfiamenti, spancamenti, depressioni nelle volte, ecc.) ed associate, se possibile, ai rispettivi meccanismi di danno.

#### **4.6 - Caratterizzazione meccanica dei materiali**

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle



|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 22 / 40 |

caratteristiche meccaniche dei materiali, ci si basa su documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Sono state effettuate e motivate, per tipo e quantità, anche in funzione del loro effettivo uso nelle verifiche una serie di indagini in sito volte a conseguire un livello di conoscenza predeterminato, una serie di indagini strutturali in situ e di laboratorio. Per l'analisi dei risultati ottenuti si rimanda agli appositi elaborati.

#### **4.7 - Rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione**

Per quel che concerne questa tipologia di rilievo, è stato fatto ricorso sia a tecniche di indagine sia di tipo indiretto quali termografia, tomografia sonica, ecc... non distruttive, nonché alle indagini di tipo dirette debolmente distruttive quali endoscopie, saggi, prove con martinetti piatti, ecc...

A tal fine per ottemperare a questa analisi si è provveduto ad approfondire la conoscenza delle caratteristiche costruttive del manufatto. Sono stati altresì effettuati saggi diretti finalizzati al reperimento delle seguenti informazioni:

- caratterizzazione e rilievo geometrico delle strutture;
- individuazione della qualità e del tipo della tessitura muraria;
- analisi del livello di vincolo-connessione tra paramenti murari.





|                                                                                   |                                                                                                            |                                                                            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED ADEGUAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC. SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                            | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06    | Pag. 23 / 40 |

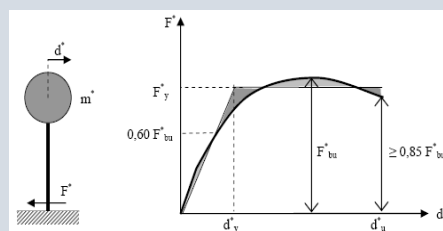
#### **4.8 - Aspetti geotecnici**

E' stata effettuata una campagna di indagini adeguate per ricavare la caratterizzazione geotecnica della stratigrafia presente nel sito oggetto di intervento (carotaggi e prove di laboratorio sui campioni prelevati) e la categoria di suolo ai fini dell'amplificazione dell'azione sismica (indagine MASW). I risultati sono riportati negli appositi allegati redatti dal geologo.

#### **4.9 - Analisi statica non lineare**

La Circolare n. 617 delle nuove norme tecniche sulle costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) recita quanto segue: "Le strutture in muratura essendo caratterizzate da un comportamento non lineare risultano, in ogni caso, più significativamente rappresentate attraverso un'analisi statica non lineare. Pertanto, tale metodo è applicabile anche per gli edifici in muratura anche se il modo di vibrare fondamentale ha una massa partecipante inferiore al 75%". Inoltre al successivo punto della Circolare si ribadisce quanto segue "L'analisi statica non lineare viene utilizzata per sistemi dissipativi, come le strutture in muratura, in quanto è il metodo di calcolo più rappresentativo del loro comportamento ultimo e, quindi, della risposta sismica globale dell'edificio." Tale metodo prevede, in ogni caso, solo una verifica globale in spostamento e non le verifiche dei singoli elementi.

Pertanto il metodo di analisi utilizzato, detto appunto analisi statica non-lineare o push-over, non solo è il più attendibile ma rappresenta anche il metodo più caldamente consigliato, dalla circolare esplicativa della



|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 24 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

normativa, nella stima della risposta sismica degli edifici in muratura. Vale la pena evidenziare che numerosi ricercatori che operano nell'ambito della modellazione degli edifici in muratura sostengono che i metodi di analisi lineare, siano assolutamente non idonei per la rappresentazione della risposta a collasso degli edifici aventi struttura muraria.

#### **4.10 - Fattore di confidenza**

Nelle costruzioni esistenti è importante la conoscenza della struttura (geometria e dettagli costruttivi) e dei materiali che la costituiscono; infatti, è stata effettuata una campagna di indagini finalizzate ad ottenere un buon livello di conoscenza dell'organismo strutturale. Viene introdotto il "fattore di confidenza", strettamente legato al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive; attraverso il FC si vanno preliminarmente a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente, per ricavare i valori da adottare, nel progetto o nella verifica, e da ulteriormente ridurre, quando previsto, mediante i coefficienti parziali di sicurezza.

Identificata la costruzione, in relazione all'approfondimento del rilievo geometrico e delle indagini materico-costruttiva, meccanica e sul terreno e le fondazioni, viene assunto dal progettista un fattore di confidenza FC, compreso tra 1 e 1.35, che consente di graduare l'attendibilità del modello di analisi strutturale e tenerne conto nella valutazione dell'indice di sicurezza sismica (o della vita nominale). Il fattore di confidenza si applica in modo diverso in funzione dei modelli per la

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUEMNTNO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 25 / 40 |
|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |

valutazione della sicurezza sismica, illustrati nel capitolo 5, che possono essere così classificati:

- modelli che considerano la deformabilità e la resistenza dei materiali e degli elementi strutturali;
- modelli che considerano l'equilibrio limite dei diversi elementi della costruzione, pensando il materiale muratura come rigido e non resistente a trazione (creazione di un cinematismo di blocchi rigidi, attraverso l'introduzione di opportune sconnessioni).

Nel primo caso il fattore di confidenza si applica in genere alle proprietà dei materiali, in particolare riducendo le resistenze. I valori di partenza delle caratteristiche meccaniche, a cui eventualmente applicare il fattore di confidenza, saranno definiti in funzione del livello di conoscenza relativo alle proprietà meccaniche dei materiali, utilizzando gli intervalli riportati nelle Tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 della Appendice al capitolo C8 della Circolare ed operando con analoga metodologia.

Nel secondo caso, ossia di modelli di corpo rigido, nei quali la resistenza del materiale non viene tenuta in conto, il fattore di confidenza si applica direttamente alla capacità della struttura, ovvero riducendo l'accelerazione corrispondente ai diversi stati limite. Qualora siano effettuate indagini sulle proprietà meccaniche della muratura, per il fattore parziale di confidenza FC3 (vedi successiva equazione 4.1 e tabella 4.1) potrà essere assunto un valore più basso di 0.12 solo se la resistenza a compressione della muratura è considerata nel modello di valutazione.

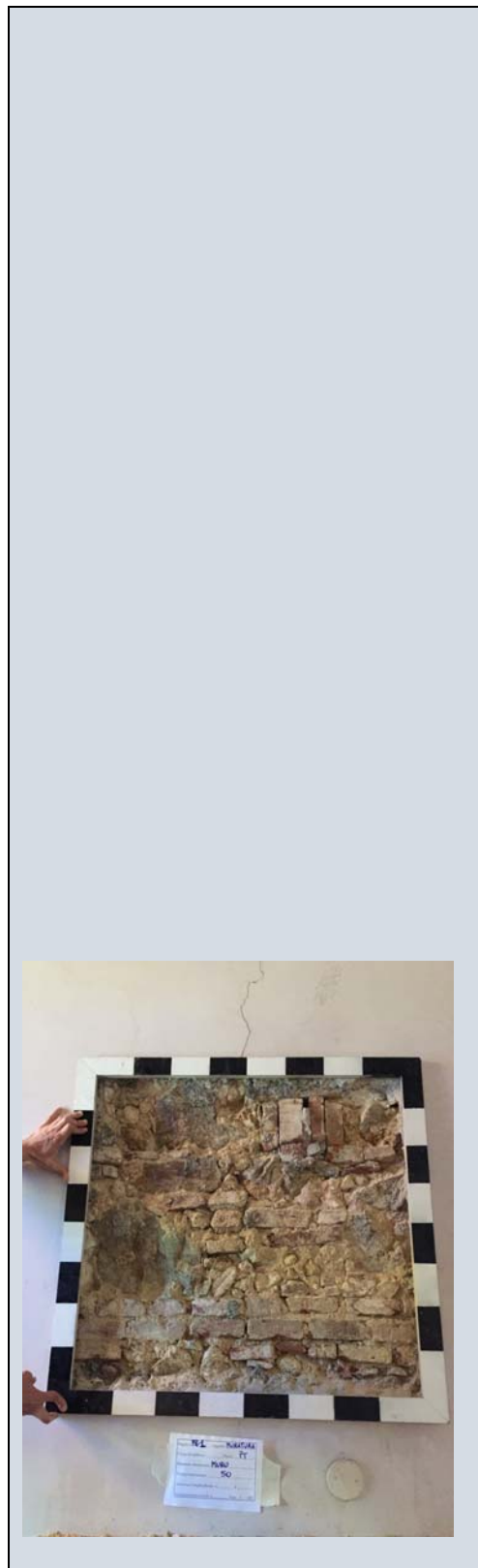
|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 26 / 40 |
|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |

Secondo quanto si evince dal C8A.1.A.4 è possibile adottare: Resistenze: minimi degli intervalli riportati in Tabella C8A.2.1 per la tipologia muraria in considerazione; Moduli elastici: valori minimi degli intervalli riportati nella tabella suddetta.

In entrambi i casi, la definizione del fattore di confidenza andrà riferita al materiale/tipologia che maggiormente penalizza lo specifico meccanismo di danno/collasso in esame. A titolo esemplificativo, il fattore di confidenza può essere determinato definendo diversi fattori parziali di confidenza  $F_{Ck}$  ( $k=1,4$ ), sulla base dei coefficienti numerici riportati in tabella 4.1, i cui valori sono associati alle quattro categorie di indagine ed al livello di conoscenza in esse raggiunto:

$$F_C = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{Ck}$$

Il rilievo geometrico dovrà, in ogni caso, essere sviluppato ad un livello di dettaglio coerente con le esigenze del modello geometrico adottato nelle valutazioni analitiche e/o delle necessarie considerazioni di tipo qualitativo. Il rilievo materico (tipologia e tessitura delle murature, tipologia ed orditura dei solai, struttura e riempimento delle volte, etc.) e dei dettagli costruttivi (ammorsamenti murari, eventuali indebolimenti, entità e tipologia di appoggio degli orizzontamenti, dispositivi di contenimento delle spinte, degrado dei materiali etc.) dovrà tendere, compatibilmente con le esigenze di tutela del bene, ad accertare le diverse tipologie costruttive



|                                                                                  |                                                                                                            |                                                                            |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED ADEGUAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC. SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                            | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06    | Pag. 27 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                            |                                                                            |              |

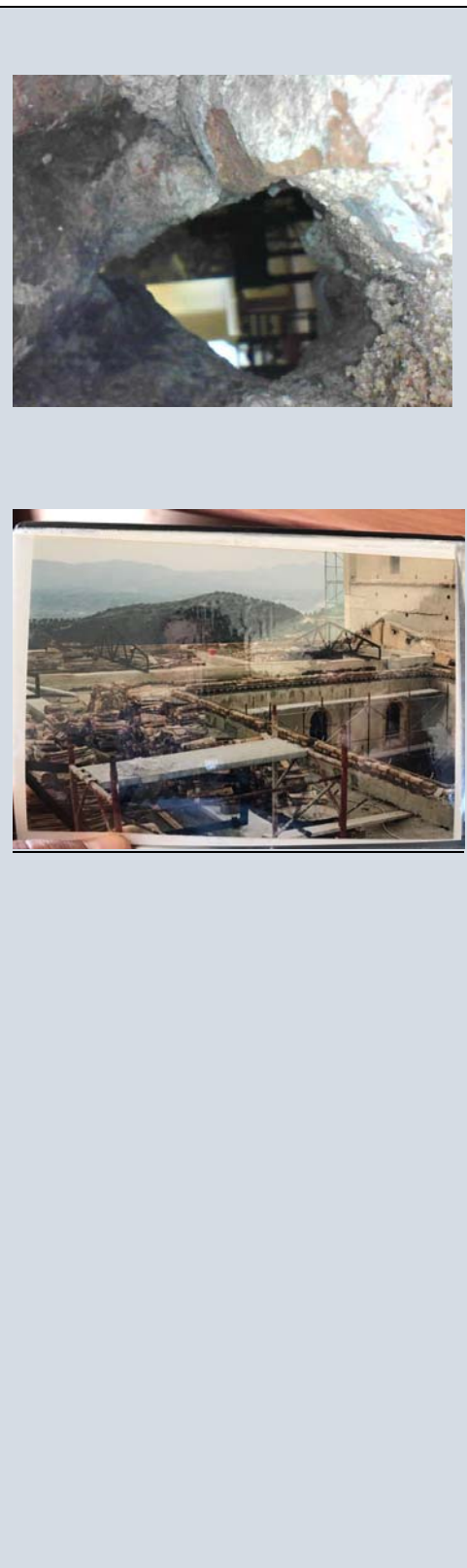
presenti, la loro localizzazione e ripetitività, con particolare attenzione a tutti gli aspetti che possono influenzare l'innescio di meccanismi di collasso locale.

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Rilievo geometrico                                                      | rilievo geometrico completo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $F_{C1} = 0.05$ |
|                                                                         | rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $F_{C1} = 0$    |
| Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica | restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)                                                                                                                                                                                                                                                                              | $F_{C2} = 0.12$ |
|                                                                         | restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche) | $F_{C2} = 0.06$ |
|                                                                         | restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)                                                                                                                                                                                            | $F_{C2} = 0$    |
| Proprietà meccaniche dei materiali                                      | parametri meccanici desunti da dati già disponibili                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $F_{C3} = 0.12$ |
|                                                                         | limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $F_{C3} = 0.06$ |
|                                                                         | estese indagini sui parametri meccanici dei materiali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $F_{C3} = 0$    |
| Terreno e fondazioni                                                    | limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $F_{C4} = 0.06$ |
|                                                                         | disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $F_{C4} = 0.03$ |
|                                                                         | estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $F_{C4} = 0$    |

Tabella 4.1 - Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza.

#### 4.11 - Miglioramento antisismico

Il miglioramento del manufatto è comunque finalizzato ad accrescere la capacità di resistenza della struttura esistente alle azioni considerate. Il progetto e la valutazione





|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        |

Pag. 28 / 40

della sicurezza sono estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale, attraverso il presente intervento si mira a: riparare gli eventuali danni presenti, ridurre delle carenze dovute ad errori, migliorare la capacità deformativa ("duttilità") di singoli elementi e globale, incrementare la resistenza degli elementi verticali resistenti, migliorare i collegamenti tra solai e pareti e fra pareti che si intersecano.

Viene effettuata la verifica della struttura prima dell'intervento con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLD e SLV, segue l'analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento ed infine la verifica della struttura post-intervento con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLD e SLV.

Tuttavia, è estremamente importante inibire l'insorgenza di meccanismi di collasso di primo modo durante il verificarsi di eventi sismici. Pertanto, sono stati previsti gli interventi necessari (inserimento di catene) affinché il coefficiente di sicurezza nei confronti dei meccanismi di collasso "fuori piano" fosse maggiore dell'unità. Ciò consente alla struttura di esprimere il cosiddetto comportamento

|                                                                                   |                                                                                                            |                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED ADEGUAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC. SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA</b> |
|                                                                                   |                                                                                                            | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06    |

Pag. 29 / 40

scatolare o d'insieme evitando comportamenti critici quali ad esempio quello del collasso di primo modo di porzioni di apparecchiatura muraria.

#### **4.12 - Distribuzioni di carico**

Secondo quanto si evince dal C8.7.1.4, per le costruzioni esistenti, è possibile utilizzare l'analisi statica non lineare, assegnando come distribuzioni principale e secondaria, rispettivamente, la prima distribuzione del Gruppo 1 e la prima del Gruppo 2, indipendentemente della percentuale di massa partecipante sul primo modo.

Gruppo 1 - Distribuzioni principali: distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie: distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;

#### **4.13 - Progetto strutturale**

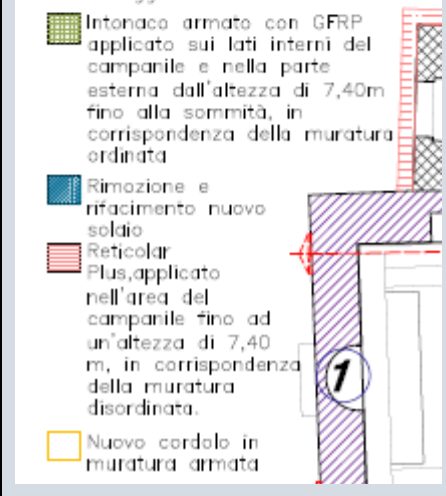
La filosofia progettuale di intervento è stata valutata partendo dai dati disponibili ovvero, in primis, dall'osservazione del quadro fessurativo verificatosi nella compagine strutturale in esame, dalla interpretazione della concezione strutturale dello stato di fatto nonché dall'analisi dei risultati delle verifiche di vulnerabilità.

#### **4.14 - Progetto dell'intervento**

Il progetto dell'intervento di miglioramento antisismico è

### INTERVENTI STRUTTURALI

- 
 Posare in opera di capochiave per catene in fondo di acciaio con occhiello, collegati alla catena mediante tenditore ed uniti tra loro ed il tenditore con vite di acciaio bullonate; mediante le seguenti lavorazioni: esecuzione di perforazioni nella muratura con angolazione di 30° sia sul piano orizzontale che in quello verticale; inghisaggio del capochiave con iniezione di malta a ritiro compensato
- 
 Consolidamento di strutture murarie caotiche ed incoerenti con perforazioni ed iniezioni di miscela di materiali in sospensione, da eseguirsi nel seguente modo: A) pulizia e messa a vivo dei conci con spazzola a fili di acciaio; B) scarnitura profonda dei giunti evitando accuratamente la scalpellatura degli stessi; C) esecuzione di un reticolo di iniezioni di circa 4 al mq, perforazioni del diametro di mm 20 nel paramento murario; D) fissaggio dei bocchelli con malta di speciale miscela inorganica; E) imbibizione con acqua al fine di inumidire le cavità da iniettare; F) iniezione a bassa pressione di materiali in sospensione con pompe di speciale miscela inorganica a basso contenuto di sali idrosolubili esclusivamente a base di calce idraulica naturale; G) asportazione dei bocchelli di iniezione e della malta di fissaggio.
- 
 Intonaco armato con GFRP applicato sui lati interni del campanile e nella parte esterna dall'altezza di 7,40m fino alla sommità, in corrispondenza della muratura ordinata
- 
 Rimozione e rifacimento nuovo solido
- 
 Reticolar Plus, applicato nell'area del campanile fino ad un'altezza di 7,40 m, in corrispondenza della muratura disordinata.
- 
 Nuovo cordolo in muratura armata



|                                                                                   |                                                                                                            |                                                                            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED ADEGUAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC. SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                            | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06    | Pag. 30 / 40 |

articolato nelle seguenti fasi:

- verifica della struttura prima dell'intervento con identificazione delle carenze e del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo Stato Limite Ultimo (SLU);
- scelta motivata del tipo di intervento;
- scelta delle tecniche e/o dei materiali;
- dimensionamento preliminare dei rinforzi e degli eventuali elementi strutturali aggiuntivi;
- analisi strutturale considerando le caratteristiche della struttura post-intervento;
- verifica della struttura post-intervento con determinazione del livello di azione sismica per la quale viene raggiunto lo SLU;

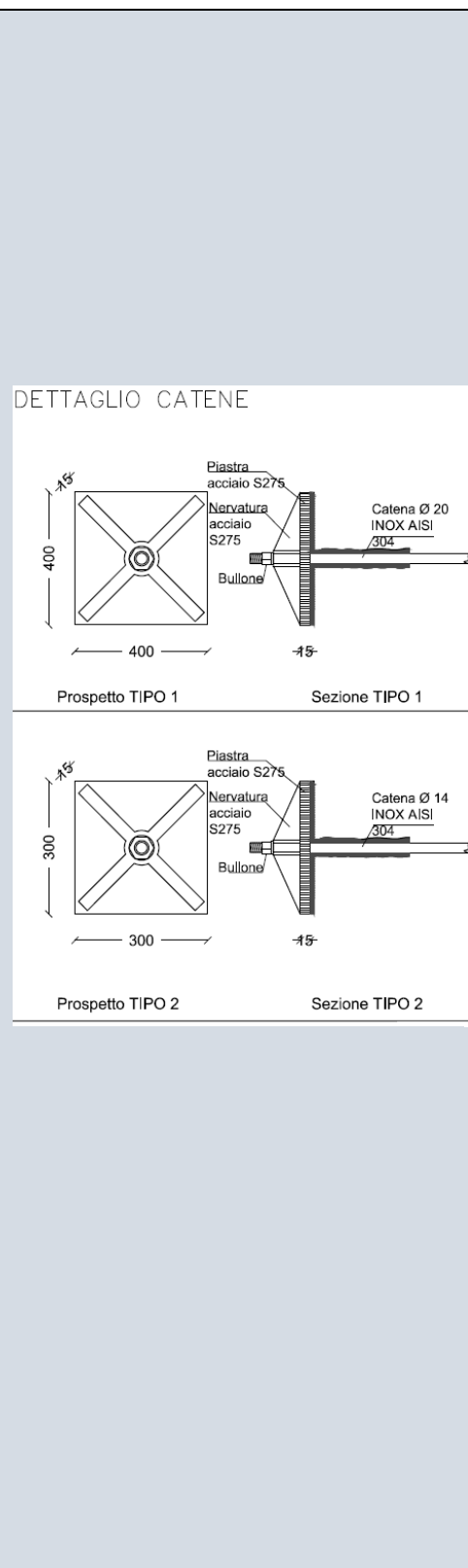
Inoltre, sono stati valutati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti;
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento dei collegamenti tra pareti murarie ove necessario;

#### **4.15 - Descrizione degli interventi**

L'intervento di miglioramento antisismico che si propone è finalizzato al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle murature, mediante interventi nell'apparecchiatura muraria;
- interventi per il miglioramento dello schema strutturale, in prospettiva antisismica;
- demolizione e ricostruzione di parti (ad esempio



|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 31 / 40 |

solaio misto acciaio-c.a. per successiva sostituzione con solaio in legno e cordolo in muratura armata);

- inserimento di elementi resistenti nuovi;
- miglioramento delle connessioni tra pareti ortogonali e inibizione di meccanismi di collasso di primo modo;

Nel seguito si descrivono con maggior dettaglio gli interventi previsti.

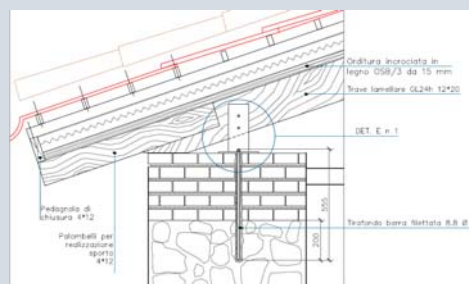
#### **4.16 - Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti**

Tali interventi sono mirati ad assicurare alla costruzione un soddisfacente comportamento d'assieme, mediante la realizzazione di un buon ammorsamento tra le pareti e di efficaci collegamenti dei solai alle pareti; inoltre, deve essere verificato che le eventuali spinte prodotte da strutture voltate siano efficacemente contrastate e deve essere corretto il malfunzionamento di tetti spingenti. La realizzazione di questi interventi è un prerequisito essenziale per l'applicazione dei metodi di analisi sismica globale dell'edificio, che si basano sul comportamento delle pareti murarie nel proprio piano, presupponendone la stabilità nei riguardi di azioni sismiche fuori dal piano.

L'inserimento di tiranti, metallici o di altri materiali, disposti nelle due direzioni principali del fabbricato, in corrispondenza delle pareti portanti, ancorati alle murature mediante capochiave (a paletto o a piastra), può favorire il comportamento d'assieme del fabbricato, in quanto conferisce un elevato grado di connessione tra le murature

|                                                                                  |                                                                                                            |                                                                            |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED ADEGUAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC. SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                            | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06    | Pag. 32 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                            |                                                                            |              |

ortogonali e fornisce un efficace vincolo contro il ribaltamento fuori piano dei pannelli murari, quando ciò non appaia (come nella fattispecie) garantito dai solai o da altre strutture. Inoltre, l'inserimento di tiranti migliora il comportamento nel piano di pareti forate, in quanto consente la formazione del meccanismo tirante-puntone nelle fasce murarie sopra porta e sotto finestra. Per il capochiave possono essere utilizzati paletti semplici (bolzoni) o piastre; ad eccezione dei casi di murature particolarmente scadenti, realizzate con elementi di piccole dimensioni, è preferibile l'uso di bolzoni, in quanto essi vanno ad interessare una porzione di muratura maggiore rispetto alle piastre. In ogni caso il dimensionamento del capochiave deve tener conto delle caratteristiche dell'elemento murario collegato. Spesso risulta necessario un consolidamento locale della muratura, nella zona di ancoraggio. E' sconsigliabile incassare il capochiave nello spessore della parete, specie nel caso di muratura a più paramenti scollegati. E' da valutare con attenzione il ricorso agli ancoraggi per aderenza (mediante iniezioni di resine o malte a base cementizia nella muratura), sia per le possibili incompatibilità tra i materiali che per la difficoltà di controllare l'efficacia dell'ancoraggio. I tiranti dovranno in via generale essere disposti in posizione affiancata alle murature principali, a livello degli orizzontamenti. Nei casi in cui sia indispensabile forare la parete in direzione longitudinale (casi che si cercherà il più possibile di evitare), si dovrà di regola dare la preferenza a catene inserite in guaina e non iniettate, per rendere reversibile l'intervento, consentire l'eventuale ripresa di tesatura,



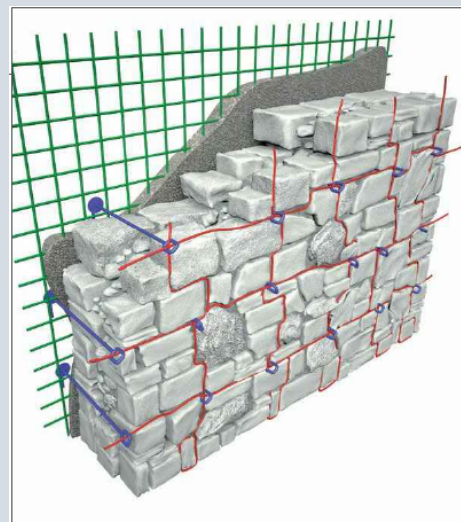


|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 33 / 40 |

evitare l'insorgenza di sollecitazioni indesiderate. Per quanto riguarda la tesatura dei tiranti, si dovranno adottare tensioni limitate, tali da produrre nelle murature tensioni di compressione nettamente inferiori ai valori ritenuti ammissibili.

Cordoli in sommità alla muratura possono costituire una soluzione efficace per collegare le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione, e per migliorare l'interazione con la copertura. Questi possono essere realizzati nei seguenti modi:

- a) in muratura armata, consentendo di realizzare il collegamento attraverso una tecnica volta alla massima conservazione delle caratteristiche murarie esistenti. Essi, infatti, devono essere realizzati con una muratura a tutto spessore e di buone caratteristiche; in genere la soluzione più naturale è l'uso di una muratura in mattoni pieni. All'interno deve essere alloggiata un'armatura metallica o in materiale composito, resa aderente alla muratura del cordolo tramite conglomerato. Il collegamento tra il cordolo e la muratura sottostante può essere in genere garantito dall'aderenza, l'ingranamento e l'attrito (in alcuni casi può essere opportuno eseguire un consolidamento della muratura sommitale della parete, ad esempio tramite iniezioni di malta). L'uso di perfori (i perfori servono a collegare gli elementi di acciaio posti sulle due facce della parete) armati disposti con andamento inclinato deve essere, per quanto possibile,



|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 34 / 40 |

evitato.

#### Rinforzo della muratura

La "ristilatura armata" dei giunti rappresenta la soluzione per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle murature da mantenere a vista. Fornisce un efficace confinamento senza per questo compromettere l'aspetto estetico del manufatto.

Il sistema Fibrebuild-Reticola, basato sulla tecnica Reticolatus, prevede la realizzazione di una ristilatura armata dei giunti con trefoli e connettori in acciaio inox e malta a base calce. E' stata adottata nei casi di muratura in pietrame con un paramento a faccia vista la seguenti soluzioni:

Ristilatura armata su una faccia + intonaco armato con GFRP sull'altra.

L'effetto di confinamento dato dal placcaggio della muratura con intonaco armato, ne fa uno degli interventi più efficaci, in quanto garantisce adeguati incrementi delle proprietà meccaniche dell'apparecchio murario. L'intervento di rinforzo mediante intonaco armato con GFRP prevede l'utilizzo di malte da intonaco a basso modulo, preferibilmente a base calce, armate con reti e connessioni in GFRP preformate applicate su entrambe le facce con uno spessore ridotto (circa 3 cm). Questo intervento permette di ottenere un miglioramento strutturale omogeneo e diffuso, con elevate caratteristiche meccaniche, di duttilità, di durabilità e con basse rigidità.

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUEMNTNO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 35 / 40 |
|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |

#### **4.17 - Miglioramento delle caratteristiche meccaniche delle murature**

Allo scopo di innalzare la resistenza a taglio della muratura e di conferire anche resistenza a trazione oltre che una maggiore duttilità, requisiti fondamentali per ottenere buone prestazioni antisismiche, si prevede un rafforzamento delle pareti, mediante diverse tecniche di intervento.

Questi interventi sono mirati sia al risanamento ed alla riparazione di murature deteriorate e danneggiate, sia al miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura; la soluzione tecnica da applicare andrà valutata anche in base alla tipologia e alla qualità della muratura. Gli interventi dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe e, comunque, il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera. L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidità, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti, qualora mancanti. L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e particolarmente sollecitati.

A seconda dei casi si procederà:

1. riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
2. ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura (scarichi e canne fumarie, ecc.);

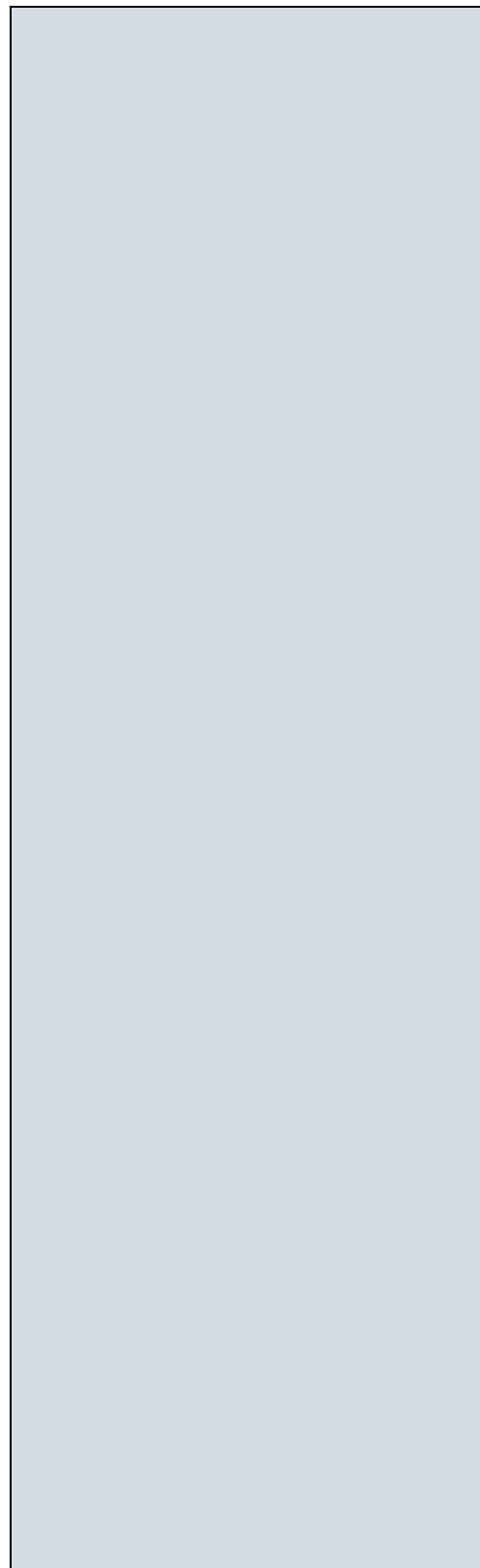


|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 36 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

3. migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.

L'adozione di iniezioni di miscele leganti mira al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare. A tale tecnica non può essere affidato il compito di realizzare efficaci ammorsature tra le pareti murarie. Tale intervento risulta inefficace se impiegato su tipologie murarie che per loro natura siano scarsamente iniettabili (scarsa presenza di vuoti e/o vuoti non collegati tra loro). Particolare attenzione va posta nella scelta della pressione di immissione della miscela, per evitare l'insorgere di dilatazioni trasversali. Particolare cura dovrà essere rivolta alla scelta della miscela da iniettare, curandone la compatibilità chimico-fisico-meccanica con la tipologia muraria oggetto dell'intervento. Malte a base cementizia possono produrre danni alle murature e in particolare alle superfici, per la produzione di sali; l'affioramento di sali solubili dalla malta provoca efflorescenze sulla superficie della muratura, particolarmente dannose in presenza di antichi intonaci storici o affreschi. Tali malte potranno essere utilizzate solo dopo averne accuratamente valutati gli eventuali effetti negativi.

L'intervento di ristilatura dei giunti, se effettuato in profondità su entrambi i lati, può migliorare le caratteristiche meccaniche della muratura, in particolare nel caso di murature di spessore non elevato. Se eseguito su murature di medio o grosso spessore, con paramenti



|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 37 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

non idoneamente collegati tra loro o incoerenti, tale intervento può non essere sufficiente a garantire un incremento consistente di resistenza, ed è consigliabile effettuarlo in combinazione con altri. Si tenga presente, tuttavia, che tale tecnica potrebbe andare a cancellare tracce storiche significative, come le vecchie stilature e allisciature. Essa va usata quindi con cautela e previa opportune analisi.

Nel caso di pareti decorate o di superfici affrescate gli interventi di consolidamento citati possono essere utilizzati solo agendo con estrema cautela; per quanto possibile è da ritenersi preferibile consolidare altre strutture contigue con interventi di analoga efficacia e comunque operare con l'ausilio anche di competenze specializzate nel restauro di tali superfici.

Le miscele da impiegarsi devono essere a base cementizia con additivi superfluidificanti ed additivi espansivi, esenti da polveri di alluminio e cloruri.

La tecnica di applicazione delle iniezioni prevede la fase preliminare di:

1. decappaggio dell'intonaco;
2. perforazione secondo lo schema riportato negli elaborati grafici del progetto strutturale;
3. soffiatura a pressione per eliminare le polveri residue;
4. lavaggio e saturazione del supporto mediante introduzione di acqua a leggera pressione entro i fori fino a rifiuto.

Successivamente si procederà alla fase di introduzione della miscela che inizierà dalla pressione di circa 0.5 atm per poi portarsi, se possibile, a valori più elevati. Il controllo



|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 38 / 40 |

della pressione di iniezione sarà effettuato mediante due manometri da porsi all'uscita dal miscelatore ed in corrispondenza del bocca foro.

#### **4.18 - Interventi per il miglioramento dello schema strutturale in prospettiva antisismica**

Si sottolinea come la principale causa di vulnerabilità sismica degli edifici in muratura sia associata ai cosiddetti 'meccanismi di primo modo' che rappresentano i meccanismi di collasso della muratura fuori dal proprio piano. Tali meccanismi si stabiliscono a causa di un non sufficiente ammortamento delle pareti in corrispondenza dei cantonali e in presenza di ampie superfici murarie non vincolate in direzione ortogonale

#### **4.19 - Considerazioni conclusive sugli interventi da effettuare**

Gli interventi previsti consentono di raggiungere buone prestazioni antisismiche dell'edificio in esame. Con gli interventi previsti sono stati raggiunti i seguenti obiettivi:

- a) una efficace connessione tra pareti portanti;
- b) un effetto "scatolare" ai fini della resistenza nei confronti delle azioni orizzontali;
- c) una migliore ripartizione dei carichi;
- d) aumento di resistenza locale e globale;
- e) aumento di rigidezza locale e globale;
- f) aumento di duttilità locale e globale;
- g) aumento delle prestazioni delle pareti murarie nel proprio piano e fuori dal piano.

Per i dettagli sugli interventi strutturali previsti si rimanda alle relazioni di calcolo, sui materiali e alle tavole sui dettagli esecutivi.

|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |              |
|                                                                                  |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        | Pag. 39 / 40 |
|                                                                                  |                                                                                                                        |                                                                                |              |

## 5. ELENCO ELABORATI

| ELAB. N. | CODICE    | DESCRIZIONE                                                          |
|----------|-----------|----------------------------------------------------------------------|
|          | <b>G</b>  | <b>GENERALE</b>                                                      |
| 1.       | G1        | Relazione Tecnica Illustrativa Generale                              |
| 2.       | G2        | Relazione Storico Artistica                                          |
| 3.       | G3        | Documentazione Fotografica                                           |
| 4.       | G4        | Quadro Economico                                                     |
| 5.       | G5        | Elenco Prezzi Unitari Analisi Prezzi                                 |
| 6.       | G6        | Computo Metrico                                                      |
| 7.       | G7        | Stima Incidenza Percentuale Manodopera                               |
| 8.       | G8        | Cronoprogramma Lavori                                                |
| 9.       | G9        | Capitolato Speciale di Appalto                                       |
| 10.      | G10       | Schema del Contratto                                                 |
|          |           |                                                                      |
| 11.      | <b>G</b>  | <b>COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA</b>                                 |
|          | G11a      | Piano di Sicurezza e Coordinamento                                   |
|          | G11b      | Piano di Sicurezza e Coordinamento: Diagramma di Gant                |
|          | G11c      | Piano di Sicurezza e Coordinamento: Analisi e Valutazione dei Rischi |
|          | G11d      | Piano di Sicurezza e Coordinamento: Stima Costi della Sicurezza      |
|          | G11e      | Fascicolo dell'Opera                                                 |
|          | G11f      | Layout di cantiere                                                   |
|          |           |                                                                      |
|          | <b>R</b>  | <b>RILIEVO</b>                                                       |
| 12.      | R1        | Inquadramento Territoriale - Stralcio Aerofotogrammetrico            |
| 13.      | R2        | Planimetria Ubicativa                                                |
| 14.      | R3        | Planimetria Catastale - Planimetria Generale                         |
| 15.      | R4        | Pianta a quota + 2.00 m                                              |
| 16.      | R5        | Pianta a quota + 4.50 m                                              |
| 17.      | R6        | Pianta a quota + 10.60 m Livello Copertura Navata                    |
| 18.      | R7        | Pianta Livello Copertura                                             |
| 19.      | R8        | Sezioni Trasversali A-A1 e A2-A3                                     |
| 20.      | R9        | Sezioni Longitudinali B-B1 e C-C1                                    |
| 21.      | R10       | Prospetto Principale                                                 |
| 22.      | R11       | Prospetto Laterale sx                                                |
| 23.      | R12       | Schema Strutturale di Copertura                                      |
|          |           |                                                                      |
|          | <b>PA</b> | <b>PROGETTO ARCHITETTONICO</b>                                       |
| 24.      | PA1       | Piante                                                               |
| 25.      | PA2       | Sezioni                                                              |
| 26.      | PA3       | Prospetti                                                            |
|          |           |                                                                      |

|                                                                                   |                                                                                                                        |                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>RECUPERO, RESTAURO ED<br/>ADEGUAMENTO SISMICO DELLA<br/>CHIESA DELLA RIFORMA XIII SEC.<br/>SANTUARIO SANT'UMILE</b> | Committente:<br><b>PROVINCIA DEI FRATI MINORI<br/>DI CALABRIA E BASILICATA</b> |
|                                                                                   |                                                                                                                        | <b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b><br>ai sensi dell'art.34 del DPR207/06        |

Pag. 40 / 40

| ELAB. N. | CODICE    | DESCRIZIONE                                              |
|----------|-----------|----------------------------------------------------------|
|          | <b>PS</b> | <b>PROGETTO STRUTTURALE ED ATTIVITA' GEOLOGICA</b>       |
| 27.      | PS1       | Relazione sul livello di conoscenza                      |
| 28.      | PS2       | Relazione di Calcolo- Stato di Fatto                     |
| 29.      | PS3       | Fascicolo dei Calcoli- Stato di Fatto                    |
| 30.      | PS4       | Relazione di Calcolo- Stato di progetto                  |
| 31.      | PS5       | Fascicolo dei Calcoli- Stato di progetto                 |
| 32.      | PS6       | Relazione Geotecnica e sulle fondazioni                  |
| 33.      | PS7       | Relazione sui Materiali                                  |
| 34.      | PS8       | Piano di Manutenzione della parte strutturale dell'opera |
| 35.      | PS9       | Relazione sulla Pericolosità Sismica                     |
| 36.      | PS10      | Relazione Geologica                                      |
| 37.      | PS11      | Interventi strutturali e dettagli esecutivi 1/2          |
| 38.      | PS12      | Interventi strutturali e dettagli esecutivi 2/2          |

Li 20/11/2017

**IL PROGETTISTA**

Arch. Antonio Malivindi  
Ing. Francesco Nucera  
Geol. Carmine Malivindi