



Intervento di consolidamento strutturale e antisismico sulla pieve romanica di San Vito a Morsasco (Alessandria)

Antonella B. Caldini, Grazia Finocchiaro**

Premessa

A seguito dell'evento sismico del 21 agosto 2000 la chiesa di San Vito a Morsasco (Al) ha riportato danni tali da indurre le autorità competenti a sollecitare un intervento urgente di miglioramento sismico.

In base a quanto stabilito dal Piano di interventi urgenti su edifici storico-monumentali ed artistici danneggiati dal sisma del 21 agosto 2000 la chiesa di San Vito, classificata come edificio di uso saltuario, in condizione di inagibilità ed in scadente stato di manutenzione, è stata inserita nel Programma attuativo nel livello di priorità 2.

La redazione del progetto di intervento è giunta alla fase propositiva definitiva solo dopo avere affrontato in modo accurato una prima fase conoscitiva. Durante questa prima fase di conoscenza sono state eseguite una serie di indagini preliminari così organizzate: sopralluogo ricognitivo, rilievo critico (geometrico e tecnologico), analisi delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado e rilievo del quadro fessurativo e deformativo. La sintesi di queste informazioni ha permesso di acquisire una maggiore conoscenza della fabbrica, rispetto al suo attuale stato di conservazione, e di formulare una diagnosi dei dissesti



Figura 2. Prospetto est: veduta d'insieme dell'abside.



Figura 1. Veduta d'insieme della pieve romanica di San Vito a Morsasco.

collegata alle molteplici cause. In questa fase sono state anche compiute una serie di indagini strumentali di tipo non distruttivo (indagini soniche e prove dinamiche sui tiranti) finalizzate all'individuazione puntuale delle parti maggiormente ammalorate. Il passo successivo è stato quello di analizzare e verificare le condizioni di stabilità dell'edificio, stabilendo l'effettiva necessità di un intervento di consolidamento strutturale in base al grado di sicurezza dello stato attuale. Infine si è proceduto, sulla base delle conoscenze acquisite, alla formulazione di un progetto di consolidamento il più possibile rispettoso delle esigenze reali dell'organismo architettonico, valutato tanto dal punto di vista tecnologico e strutturale, quanto da quello storico e documentario.



Figura 3. San Vito interno: vista d'insieme dell'emiciclo absidale.



Figura 4. Affresco centrale: Crocifissione di autore ignoto, XV secolo.



Figura 5. Affresco laterale: Madonna in trono con bambino di autore ignoto, XV secolo.

Notizie tratte dalle fonti documentarie

Le notizie e i documenti relativi alle origini della chiesa romanica di San Vito sono molto scarse e si limitano, per lo più, ai sopralluoghi periodici dei visitatori apostolici. Prima dell'età controriformista, infatti, non abbiamo notizia di nessun atto o fonte documentaria relativa alla chiesa, la cui datazione alto-medievale viene dedotta quasi esclusivamente dal confronto stilistico con altri edifici religiosi analoghi esistenti nella zona, e dalla tipologia architettonica. Dallo schema planimetrico dell'edificio, e ancora di più dalla lettura della tessitura muraria degli alzati, è possibile dire che le fasi principali di trasformazione di questo organismo architettonico sono state almeno quattro.

La parte certamente più antica è quella dell'abside semicircolare e di parte della muratura dell'aula: si tratta, infatti, della struttura di una prima piccola chiesa costruita con conci

parallelepipedi in pietra arenaria, squadrati con scarsa precisione e posti in opera regolarmente a corsi orizzontali. È possibile che questo primo edificio fosse già dedicato a San Vito, trattandosi di un titolo molto antico riscontrabile già attorno al 1000, e che risalga ai primi del XII secolo, quando le tecniche costruttive della zona cominciarono a perfezionarsi, passando dalle prime costruzioni in pietre, ciottoli di fiume o mattoni di recupero, posti in opera a corsi irregolari, a costruzioni via via più raffinate, fatte di grosse pietre finemente sbazzate, poste in opera con precisione.

Il passaggio alla seconda fase è determinato dal crollo improvviso dell'aula e dalla sua ricostruzione, con il prolungamento delle pareti laterali: questa fase è facilmente leggibile sul tessuto murario nelle saldature tra la parte originaria e le aggiunte successive. In questo caso, diversamente dalla fase precedente, la muratura in arenaria è però costituita da conci grossolanamente spaccati e disposti in modo più irregolare.

È ancora una volta difficile fornire specifiche informazioni cronologiche, anche se è presumibile che tale fase risalga ad un periodo antecedente al 1585, anno in cui il visitatore apostolico Mons. Montiglio - Arcivescovo di Amalfi e Vescovo di Viterbo - ordinò alla comunità di Morsasco il re-

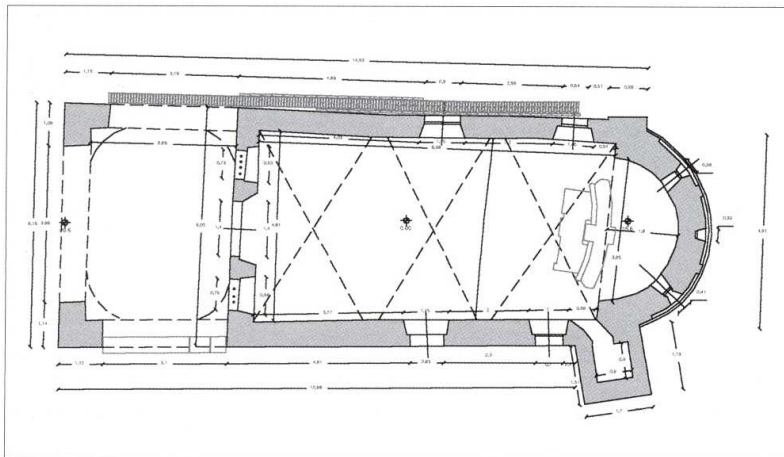


Figura 6. Rilievo longimetrico (fuori scala) della pianta.

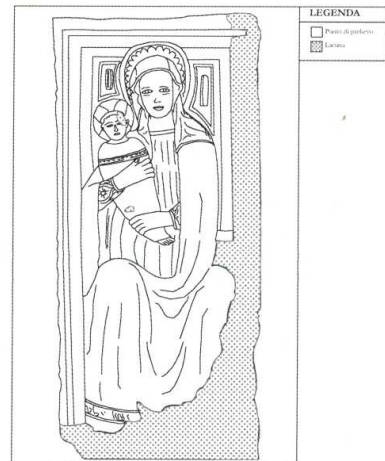


Figura 7. Rilievo grafico (fuori scala) dell'affresco laterale (Madonna in trono con bambino)

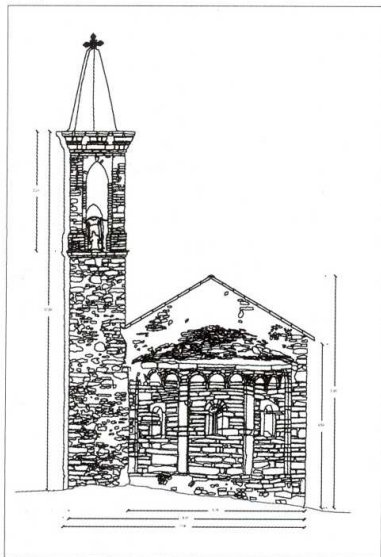


Figura 8. Rilievo longimetrico e fotografometrico (fuori scala) della zona absidale (prospetto est).

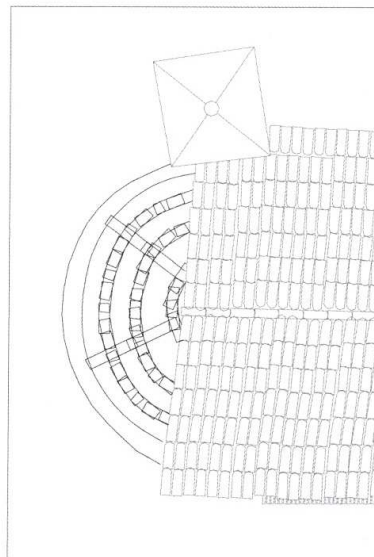
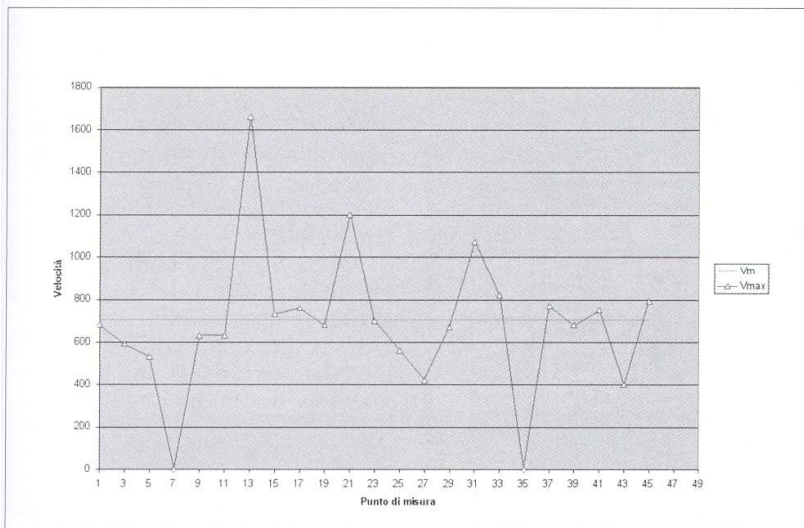


Figura 9. Tavola di progetto: applicazione delle fibre di carbonio all'estradosso del catino absidale.

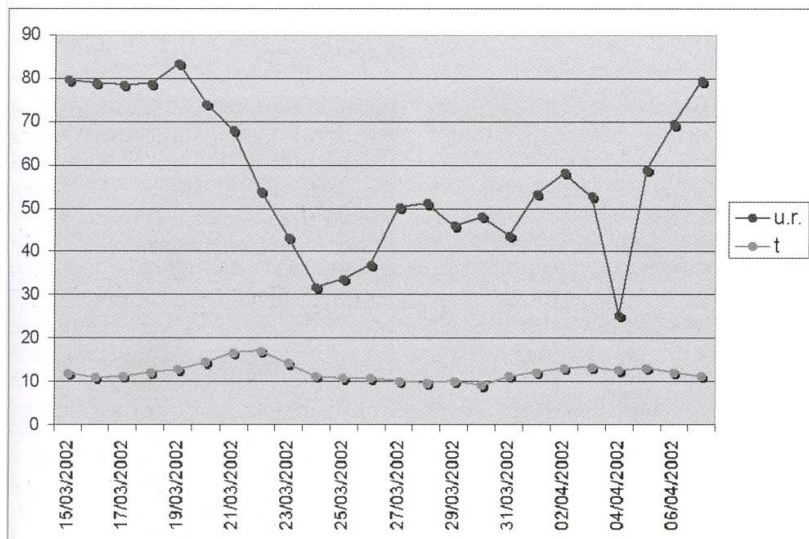
stauro del tetto, del pavimento e l'imbiancamento delle murature dell'edificio: "Si restauri [...] nel Tetto, nel pavimento et nelle mura, imbiancandole tutti"¹.

La costruzione del portico per dare riparo ai contadini della zona segna il passaggio alla fase successiva. Questa volta la fonte va ricercata nel libro dei Convocati e dei Causati di Morsasco (Libro II, dal 1692 al 1706), dove risulta conteggiata la spesa per l'acquisto di n.200 coppi destinati a coprire il tetto del portico. La tecnica costruttiva di questa terza fase prevede una muratura realizzata in pietra arenaria del posto, grossolanamente spaccata e posta in opera a corsi orizzontali irregolari. La volta del portico è a vela, costituita da mattoni posti di foglio e con i pennacchi irrobustiti utilizzando mattoni messi a coltello.

La costruzione del campanile e la modifica della copertura interna dell'aula, che richiede il tamponamento delle vecchie bucaure e l'inserimento delle catene negli archi che delimi-



Nel grafico 1 sono state riportate le velocità di propagazione, da tali valori si è risaliti a un valore medio di 684 m/s; da questo valore, considerando una densità media di 2000 Kg/cm³ e un rapporto E/G=4, si sono ricavate le seguenti stime dei moduli dinamici:
 $G_{din}=10.000 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_{din}=32.012 \text{ Kg/cm}^2$



Il grafico 2 ottenuto dall'elaborazione dei dati registrati dal logger posizionato nella zona absidale (monofora destra) evidenzia come a fronte di una variazione di temperatura abbastanza contenuta (compresa tra gli 8 e i 13°C) quella dell'umidità relativa presenti invece valori molto distinti tra loro da un giorno all'altro.

tano le tre volte a crociera, risalgono quasi certamente ad un periodo successivo (attorno alla metà del XVIII secolo). Dalla lettura delle fonti d'archivio emerge, infatti, che a partire dal 1762 nella chiesa vennero eseguiti importanti interventi di manutenzione (visto l'avanzatissimo degrado) tra i quali proprio quelli relativi alla costruzione della nuova copertura dell'aula. A questa data risulta, inoltre, che il campanile era già stato costruito. All'interno dell'edificio, nell'emiciclo absidale, si conservano due importanti affreschi di autore ignoto, risalenti entrambi al XV secolo: si tratta di una Crocifissione, collocata nella zona centrale dell'abside e di una Madonna in trono con bambino, collocata sulla parete di sinistra.

Risultati delle indagini diagnostiche
L'edificio è stato sottoposto ad una serie di indagini diagnostiche finalizzate a valutare l'effettivo stato di conservazione della fabbrica:

1. prove dinamiche sui tiranti;
 2. prove soniche sulla muratura;
 3. esame endoscopico;
 4. monitoraggio termoigrometrico generale e puntuale.
- (Le indagini dei punti 1;2;3; sono state eseguite in collaborazione con il D.I.S.E.G. della facoltà d'ingegneria dell'Università di Genova - Prof. Ing. Sergio Lagomarsino).

1. Prove sui tiranti

Le prove dinamiche sulle catene sono state effettuate per valutarne lo stato di tiro.

Sono stati utilizzati servoaccelerometri che hanno rilevato le frequenze principali dopo aver eccitato le catene con un colpo di martello in direzione orizzontale; i segnali analogici sono stati acquisiti con scheda Normal Instruments, modello DAQPad MIO I 6E-50, a 16 bit e 6 canali single-ended. Un programma

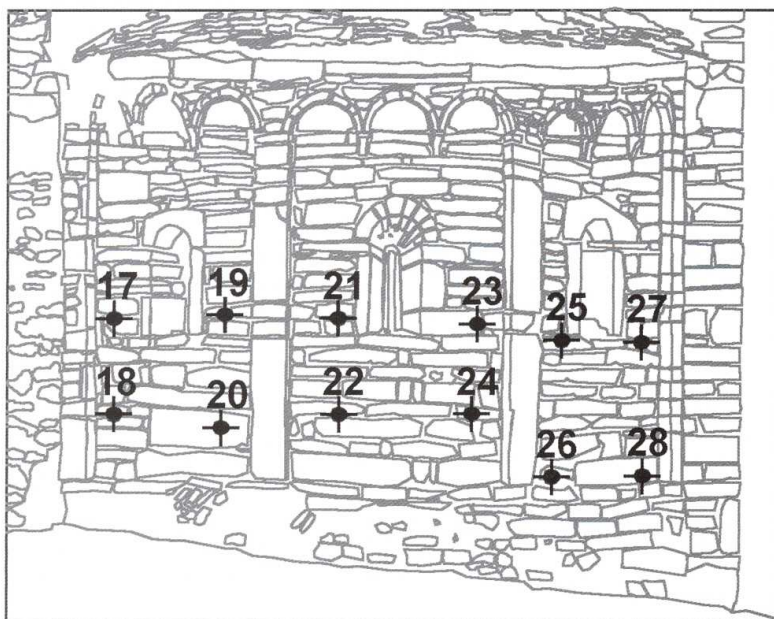


Grafico abside. I valori ottenuti nei punti da 17 a 27 - relativi all'abside - evidenziano una buona velocità di propagazione in relazione alla tessitura muraria, che però in corrispondenza delle lesioni, evidenti anche all'interno, si abbassa notevolmente.

di acquisizione ha registrato gli accelerogrammi successivamente rielaborati - con un programma specifico - per ottenere lo spettro di Fourier al fine di determinarne il tiro.

2. Prove soniche sulla muratura

Le indagini soniche sulla muratura hanno permesso di determinare il modulo elastico medio della muratura consentendo di individuare i punti in cui le caratteristiche della struttura non erano buone.

Sono state effettuate con strumentazione SQS system della Ditta Boviari, composta da un martello strumentato (che genera l'onda sonora che attraversa la muratura), da un sensore ricevente (accelerometro) e da uno strumento di misura (oscilloscopio) che acquisisce il segnale de-

terminando la velocità di propagazione dell'onda sonora nel materiale della struttura in esame. Le misure sono state rilevate in direzione verticale sulla stessa faccia ad una distanza di un metro tra il punto di battuta e il punto di ricezione (con il numero dispari sono stati indicati i punti di battuta, con il numero pari quelli di ricezione).

Nel grafico numero 1 sono state riportate le velocità di propagazione, da tali valori si è risaliti a un valore medio di 684 m/s; da questo valore, considerando una densità media di 2000Kg/cm³ e un rapporto E/G=4, si sono ricavate le seguenti stime dei moduli dinamici:

$G_{din} = 10.000 \text{ Kg/cm}^2$

$E_{din} = 32.012 \text{ Kg/cm}^2$

I valori ottenuti nei punti da 17 a 27 -

relativi all'abside - evidenziano una buona velocità di propagazione in relazione alla tessitura muraria, che però in corrispondenza delle lesioni, evidenti anche all'interno, si abbassa notevolmente.

3. Esame endoscopico

L'indagine endoscopica ha permesso di ispezionare - in modo molto puntuale - parti della struttura altrimenti inaccessibili.

È stato effettuato con endoscopio modulare rigido con una lunghezza massima di 150 cm, con lampada alogena sull'estremità dell'obiettivo, dotato di zoom che consente di ingrandire le immagini sino a 20x e micro-videocamera (interfacciabile con un PC).

4. monitoraggio termoigrometrico: Generale e Locale

Il monitoraggio termoigrometrico generale è stato effettuato con un apparecchio elettronico per la misurazione dell'umidità dell'aria e dei materiali da costruzione, il GANN HIDROMETTE RTU 600, dotato di elettrodi ad infissione per la misurazione in profondità (sino a 70 mm). Lo strumento ha consentito di effettuare sia il monitoraggio delle condizioni termoigrometriche interne ed esterne della chiesa che l'analisi puntuale dell'umidità interna di alcuni materiali da costruzione.

Il monitoraggio termoigrometrico locale, invece, è stato effettuato con un apparecchio elettronico per la registrazione dei dati attinenti la temperatura e l'umidità relativa dell'ambiente, SMART READER PLUS 2. Il monitoraggio è stato effettuato nel periodo di 24 giorni (dal 15 marzo al 7 aprile 2002). I dati registrati dai due logger utilizzati sono stati elaborati con un programma specifico con un PC.

Il grafico numero 2 ottenuto dall'elaborazione dei dati registrati dal logger



Figura 10. Applicazione Kimitech Primer.



Figura 13. Posa del secondo strato di fibra.



Figura 11. Posa del primo strato di fibra.



Figura 14. Impregnazione in Kimitech EP-IN.



Figura 12. Stesura di stucco Kimitech EP-TX sul primo strato.

posizionato nella zona absidale (monofora destra) evidenzia come a fronte di una variazione di temperatura abbastanza contenuta (compresa tra gli 8 e i 13°C) quella dell'umidità relativa presenti invece valori molto distinti tra loro da un giorno all'altro.

Stato di conservazione della fabbrica

Dall'analisi dei dati sulle trasformazioni dell'edificio nel corso dei secoli, dal rilievo critico e dal quadro fessurativo e deformativo, supportati dai risultati delle prove dinamiche sui tiranti e dalle indagini soniche sulle murature, si è giunti alla diagnosi strutturale, che ha consentito di determinare il livello di sicurezza dell'edificio.

La constatazione della vulnerabilità al danno sismico della chiesa ha

rappresentato il punto di partenza verso il progetto di consolidamento, che è divenuto la sintesi tra le esigenze della sicurezza e quelle della conservazione.

Le lesioni riscontrate lungo i meridiani del catino absidale sono quelle tipiche degli absidi semi-circolari, che hanno la tendenza a ribaltare per effetto di sollecitazioni spingenti impreviste (come quelle che possono essere determinate dalle strutture di copertura), di difetti costruttivi insiti nelle strutture murarie (come un'insufficiente resistenza meccanica dei materiali e in particolare dei leganti), o per eventi traumatici improvvisi (come frane, crolli, sismi o cedimenti fondali). La natura incoerente del terreno e gli inevitabili fenomeni di degrado del paramento murario che conseguono all'azione degli agenti aggressivi esterni (l'accentuata umidità del sito, cicli di gelo e disgelo, escursioni termiche, azione del vento e delle acque meteoriche ecc.), hanno reso la struttura più vulnerabile.

L'emiciclo murario dell'abside presentava diverse fessurazioni alcune dell'ordine di un paio di centimetri. In corrispondenza delle tre aperture dell'abside, di cui quella centrale tamponata verosimilmente attorno al '400 per realizzare l'affresco della parete di fondo, erano visibili lesioni (per buona parte passanti) che si sviluppavano sia sopra che sotto le bucatore. All'esterno le fessurazioni coincidevano con l'andamento dei giunti di malta, risultando quindi poco leggibili, mentre all'interno erano più evidenti e proseguivano anche sul catino del coro. La lesione più estesa era quella centrale, difficilmente valutabile a livello dimensionale, essendo in passato risarcita con una stuccatura cementizia; tuttavia per effetto del sisma tendeva a riaprirsi, come testimonia il divaricamento dei lembi di intonaco in



Figura 14. Stilatura dei giunti.



Figura 15. Stilatura dei giunti.

corrispondenza dell'affresco. L'elemento lapideo verticale sul lato sinistro della bucatara presentava una serie di lesioni verticali che sembravano indicare un meccanismo di schiacciamento.

La copertura a pianta semicircolare del volume absidale realizzata con un manto di lastre di luserna, messe in opera in maniera irregolare - a partire da un primo strato posto quasi orizzontale e a sporto, con funzione di gronda - si presentava molto sconnessa, e con elementi smossi, caduti o rotti ed interessata da una grave infestazione da parte di piante selvatiche.

Progetto di consolidamento

Il progetto di consolidamento strutturale ed antisismico dell'abside della Chiesa di San Vito è stato redatto dallo studio tecnico professionale ARC "Architettura Restauro Conservazione" di Acqui

Terme (AL) degli architetti Antonella B. Caldini e Grazia Finocchiaro, in collaborazione con l'architetto Tiziana De Iaco di Genova. Questo progetto ha avuto come scopo principale quello di rendere agibile e staticamente sicuro l'immobile danneggiato dall'evento sismico del 21 agosto 2000.

L'intervento ha riguardato unicamente la zona absidale che a seguito del sisma è risultata maggiormente compromessa, anche se l'intera fabbrica necessiterebbe di ulteriori interventi di restauro statico versando in condizioni di particolare disagio.

I lavori hanno riguardato principalmente:

- il ripristino della copertura absidale;
- consolidamento del catino absidale all'estradosso tramite fasce in fibre organiche, utilizzate per collaborare staticamente con la struttura, aumentare la resistenza e contrastare eventuali cinematismi. L'intervento è stato eseguito disponendo fasce di carbonio (Kimitech CB 320) sovrapposte e in doppio strato, lunghe circa 50 cm a seguire il profilo curvo della volta con l'aggiunta di due ulteriori fasce di rinforzo in direzione ortogonale alla precedente come rinforzo trasversale o staffatura (il presente intervento è stato eseguito dalla N.te S.A.S. di Villanova Mondovì - CN) - asportazione manuale della vegetazione infestante e successiva pulizia dei lacerti di pavimentazione in laterizio a contorno della fabbrica emersi durante le operazioni di pulizia. Integrazione delle parti mancanti di pavimentazione con materiale drenante (ghiaia) a copertura di piccolo scavo, atta a facilitare il deflusso delle acque meteoriche e ad allontanare la vegetazione infestante;
- consolidamento delle lesioni presenti sulla muratura (interna ed esterna) tramite iniezioni di miscele leganti (questa operazione è stata anticipata dal preconsolidamento e messa in sicurezza delle pitture murali dell'emiciclo absidale, poste internamente in corrispondenza della muratura da consolidare);

- stilatura dei giunti per impedire l'ingresso delle acque meteoriche nella muratura.

Allo stato attuale per completare il restauro dell'edificio sono in corso altre due pratiche (attivate e seguite dallo studio ARC) di richiesta contributi: l'una rivolta alla Regione Piemonte (già autorizzata dalla Soprintendenza ai beni Storici, Artistici e Demotnoantropologici del Piemonte) per ultimare il restauro conservativo degli affreschi; l'altra rivolta al Genio Civile (già visionata dal Comune di Morsasco, trattandosi di terreno prospiciente la strada comunale) per procedere al consolidamento della scarpata su cui poggia la parte anteriore della fabbrica che denuncia un cedimento strutturale del pilastro anteriore destro del portico (con possibilità di rotazione).

Note

1. Cfr., A.S.V. di Acqui Terme (AL), documento del 10 giugno 1585, foglio 94.

**Studio A.R.C. Architettura Restauro Conservazione fondato nel 2002 ad Acqui Terme (AL). Principalmente interessato alle tematiche della conservazione e del restauro dei beni artistici e monumentali, si occupa anche di progettazione architettonica. E' costituito dagli architetti Antonella B. Caldini e Grazia Finocchiaro, specialisti in restauro dei monumenti.*