

# BENI CULTURALI: CONSERVAZIONE

## E PROBLEMATICHE STRUTTURALI DEGLI EDIFICI

*come individuarle e  
come affrontarle*

Francesco Parolari ingegnere

# PROGRAMMA DELL'INTERVENTO:

1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2 ) CASI CONCRETI:

- Patologie, rassegna di immagini
- Primi passi per affrontare i problemi delle strutture, immagini

# 1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- NTC 2018
- CIRCOLARE NTC 2018, 21 gennaio 2019

*Nota: a partire da NTC 2008 (aggiornata con NTC 2018) abbiamo una raccolta organica di norme tecniche sulle costruzioni, norme che nel tempo sono state emanate ed aggiornate sulla base di leggi e decreti (...legge 1086/71, legge 64/1974, D.P.R. 380/2001...)*

# IN NTC 2018

le costruzioni esistenti sono trattate nel capitolo n.8 ed in particolare nel cap. 8.4 vengono classificati gli interventi:

- INTERVENTI DI RIPARAZIONE O LOCALI
  - INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO
  - INTERVENTI DI ADEGUAMENTO
- 
- *Nota 1:*

*PER I BENI DI INTERESSE CULTURALE IN ZONE DICHIARATE A RISCHIO SISMICO, E' POSSIBILE LIMITARSI AD INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO EFFETTUANDO LA RELATIVA VALUTAZIONE DI SICUREZZA*

- *Nota 2:*

*IN NTC 2018, PER GLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO (8.4.2), VIENE QUANTIFICATO IL LIVELLO MINIMO DI MIGLIORAMENTO PER GLI EDIFICI DI CLASSE D'USO IV, III e II*

# DPCM 9 febbraio 2011

- VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO DEL PATRIMONIO CULTURALE CON RIFERIMENTO ALLE NTC 2008 e AL D.L. 42/2004, codice dei beni culturali e paesaggistici.

Il documento è riferito alle sole costruzioni in muratura

Per la valutazione della sicurezza sismica vengono individuati tre livelli:

LV1, LV2, LV3

Per i beni culturali non è richiesto adeguamento ma sono previsti interventi locali e interventi di miglioramento.

Gli stati limite da considerare sono SLV (stato limite di salvaguardia della vita) ed SLD (stato limite di danno).

Per opere d'arte (particolarmente rilevanti) è stato introdotto SLA (stato limite di danno ai beni artistici).

# CONOSCENZA DEL MANUFATTO (Cap.4)

Percorso particolarmente importante per edifici storici, anche se il procedimento di conoscenza è lo stesso per gli edifici esistenti (riferimento circolare NTC 2008)

- 4.1.1 SONDAGGI E PROVE: occorre impedire perdite irrimediabili
- 4.1.2 IDENTIFICAZIONE DELLA COSTRUZIONE
- 4.1.3 CARATTERIZZAZIONE FUNZIONALE DELL'EDIFICIO E DEI SUOI SPAZI
- 4.1.4 RILIEVO GEOMETRICO
- 4.1.5 RICERCA STORICA E ANALISI DEGLI EVENTI E DEGLI INTERVENTI SUBITI
- 4.1.6 IL RILIEVO MATERICO COSTRUTTIVO E LO STATO DI CONSERVAZIONE
- 4.1.7 LA CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI
- 4.1.8 ASPETTI GEOTECNICI
- 4.1.9 MONITORAGGI

# MODELLI DI VALUTAZIONE PER TIPOLOGIE

- 5.4.2 palazzi, ville e altre strutture con pareti di spina e orizzontamenti intermedi. Il procedimento di valutazione della sicurezza è analogo agli altri edifici esistenti non soggetti a vincolo: è possibile la valutazione complessiva della risposta sismica del manufatto (LV3)
- 5.4.3 chiese, luoghi di culto e altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi. Il comportamento sismico di questa tipologia di edifici può essere interpretato attraverso una scomposizione in «macroelementi» (rif. all.C) e applicando la valutazione di sicurezza sistematicamente a ciascun elemento della costruzione (LV2)

# ALLEGATI AL DPCM

Il DPCM comprende tre allegati:

- Allegato A

Programma per il monitoraggio dello stato di conservazione per i beni architettonici tutelati

- Allegato B

L'analisi strutturale delle costruzioni storiche in muratura

- Allegato C

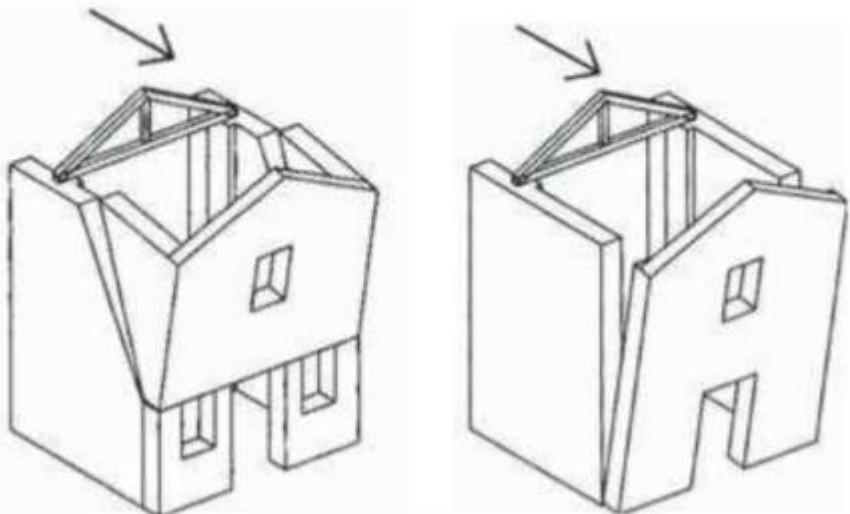
Modello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese

# ALLEGATO C

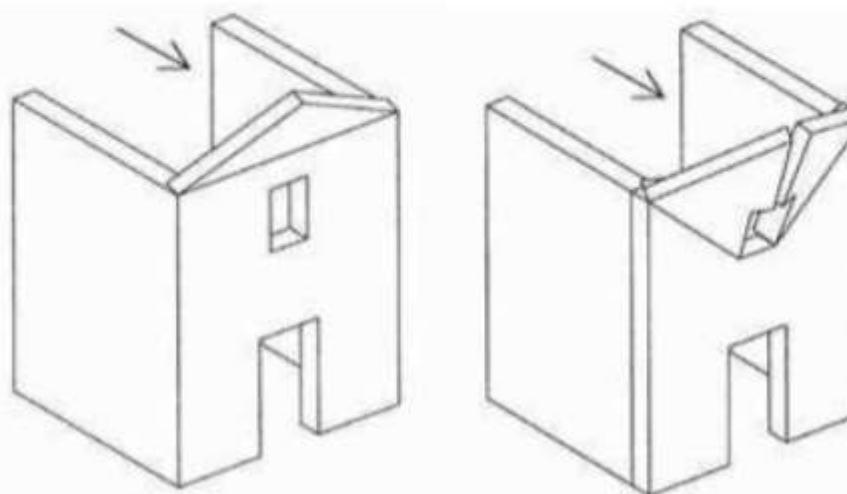
ABACO DEI MECCANISMI DI COLLASSO  
DELLE CHIESE

## ABACO DEI MECCANISMI DI COLLASSO DELLE CHIESE

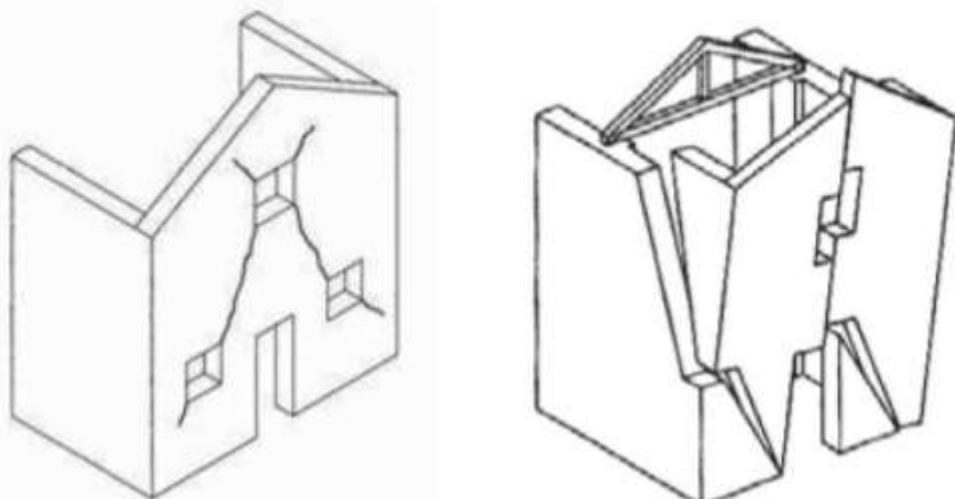
1. RIBALTIMENTO DELLA FACCIA



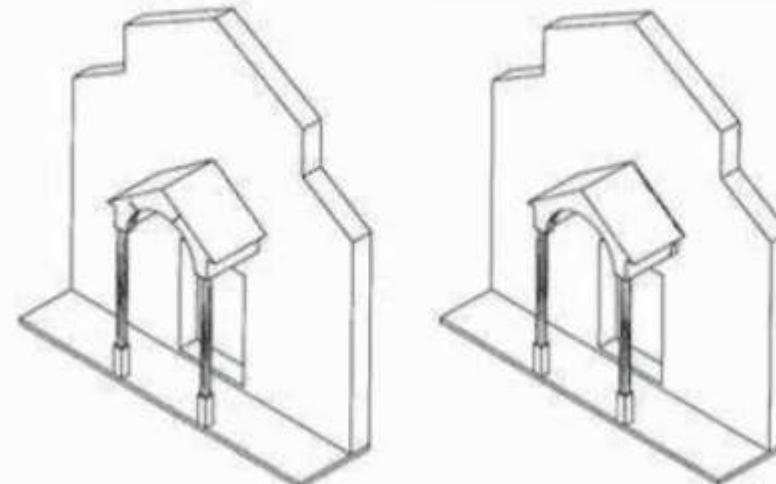
2. MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIA



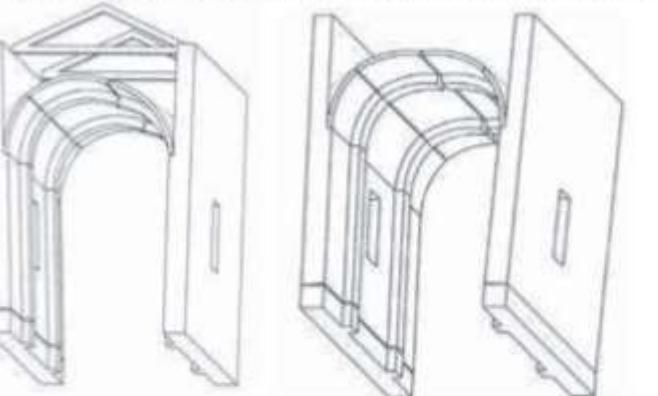
3. MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIA



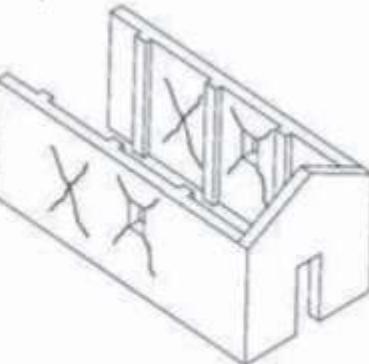
4 - PROTIRO - NARTECE



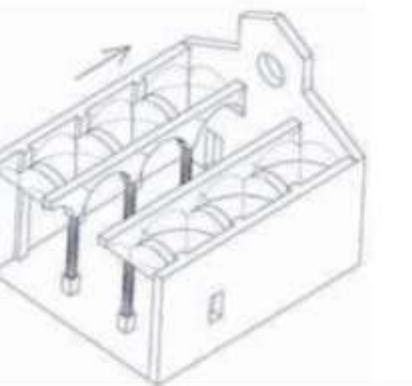
5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA



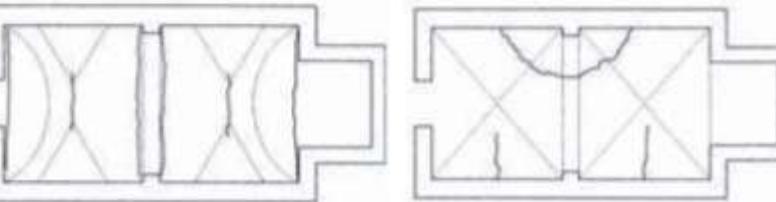
6 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE)



7 - RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO



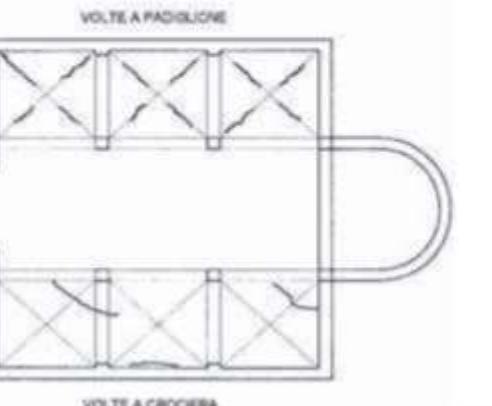
8 - VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE



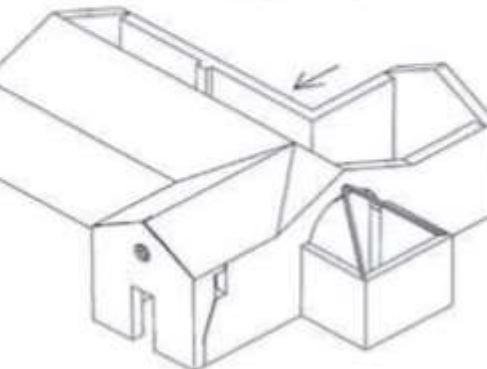
VOLTA A BOTTE LUNETTATA

VOLTE A CROCIERA

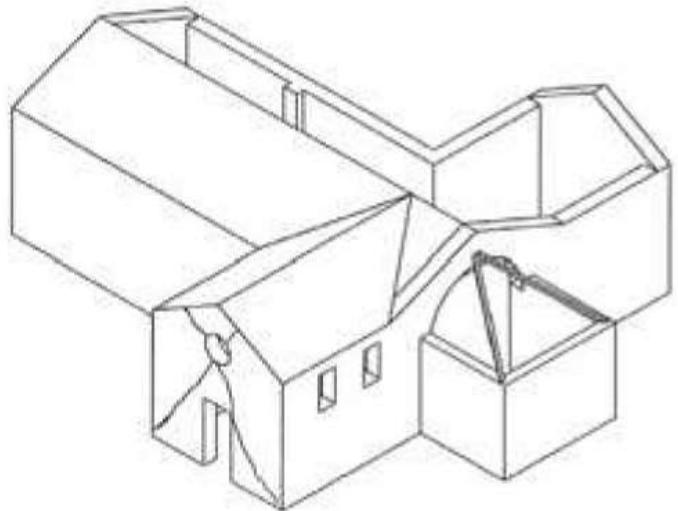
9 - VOLTE DELLE NAVATE LATERALI



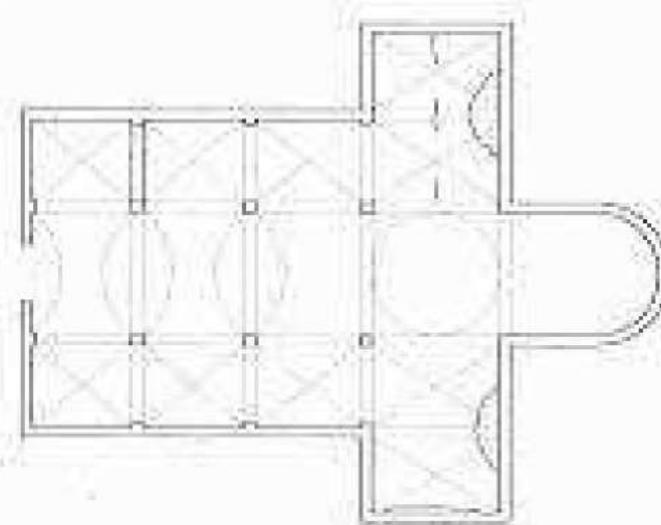
10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRANSETTO



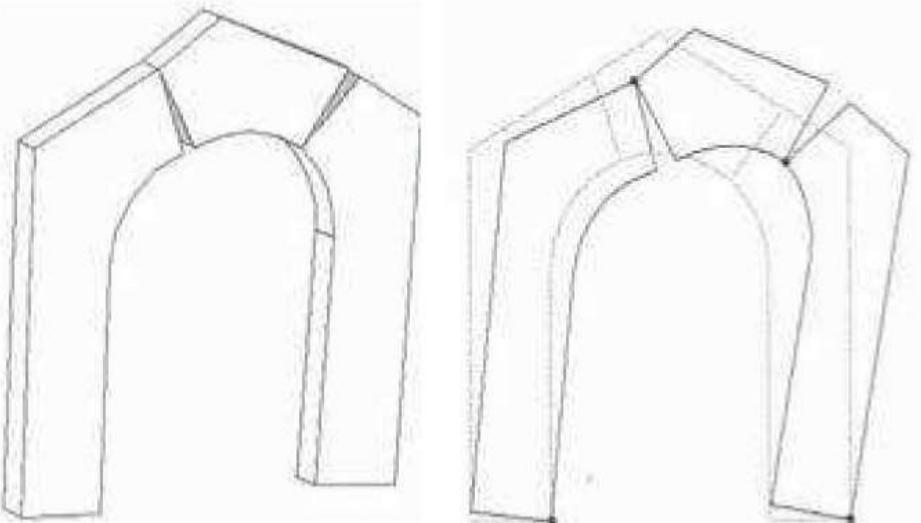
11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI  
DEL TRANSETTO



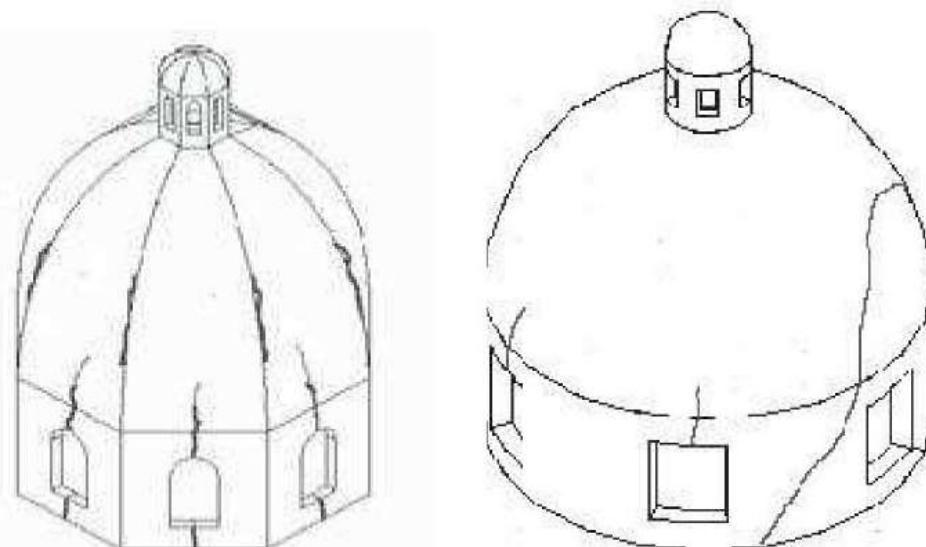
12 - VOLTE DEL TRANSETTO



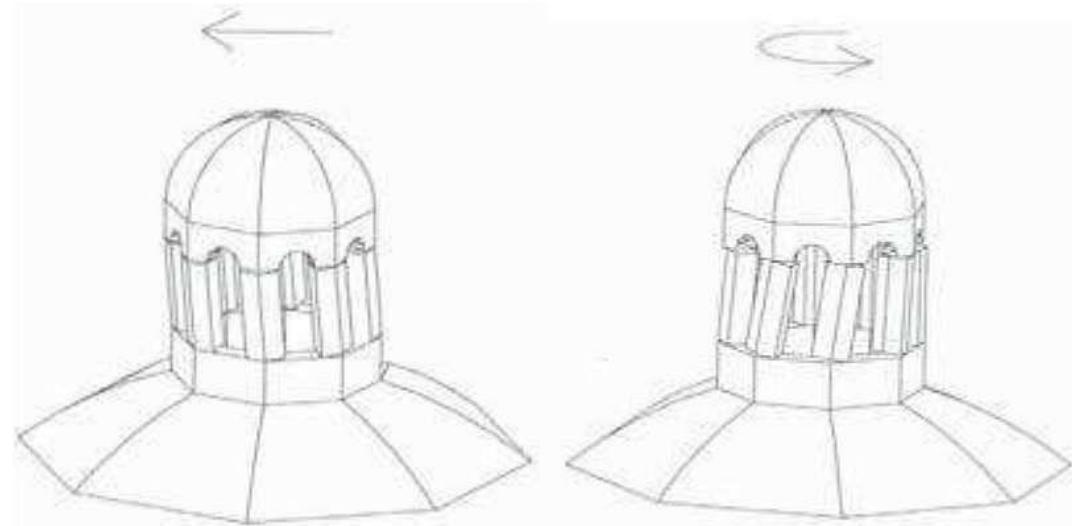
13 - ARCHI TRIONFALI



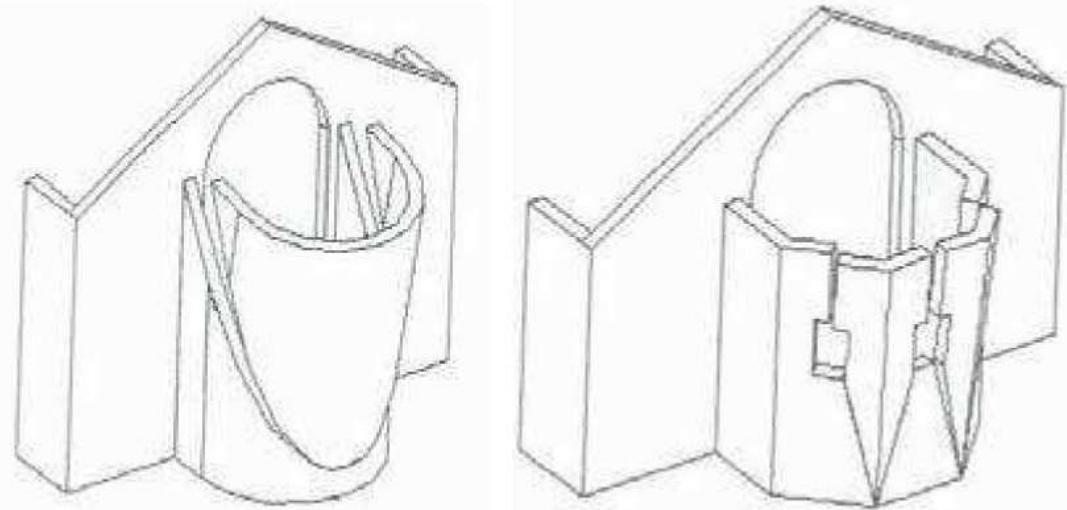
14 - CUPOLA - TAMBURO / TIBURIO



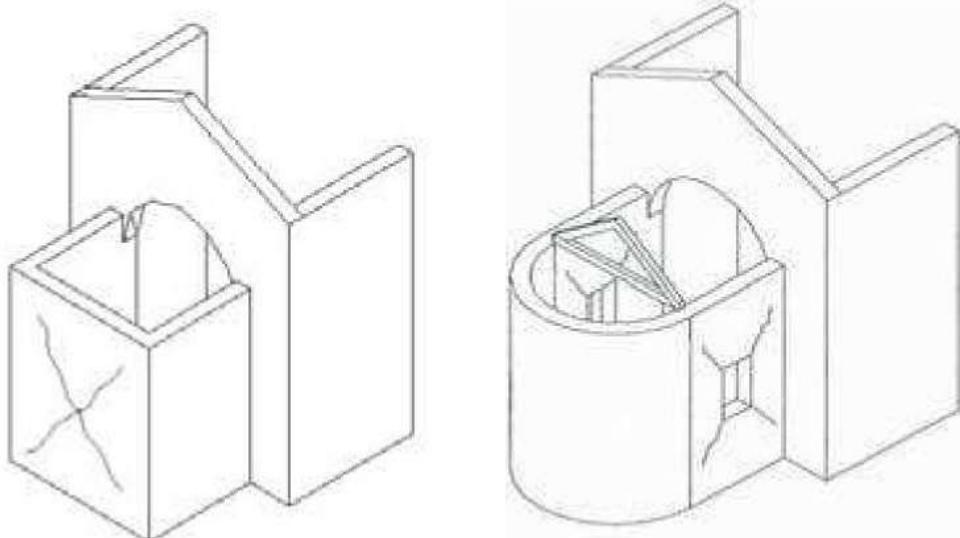
15 – LANTERNA



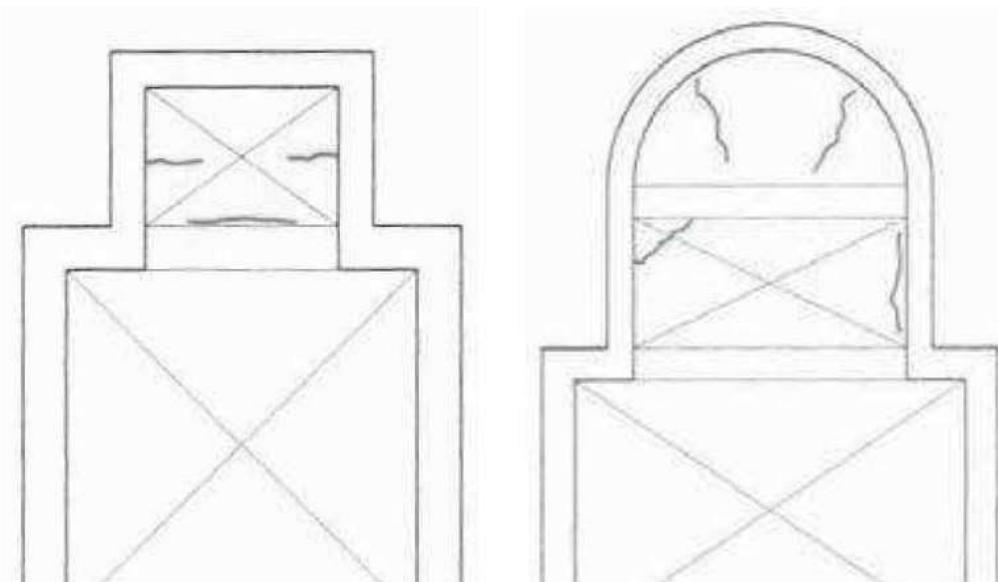
16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE



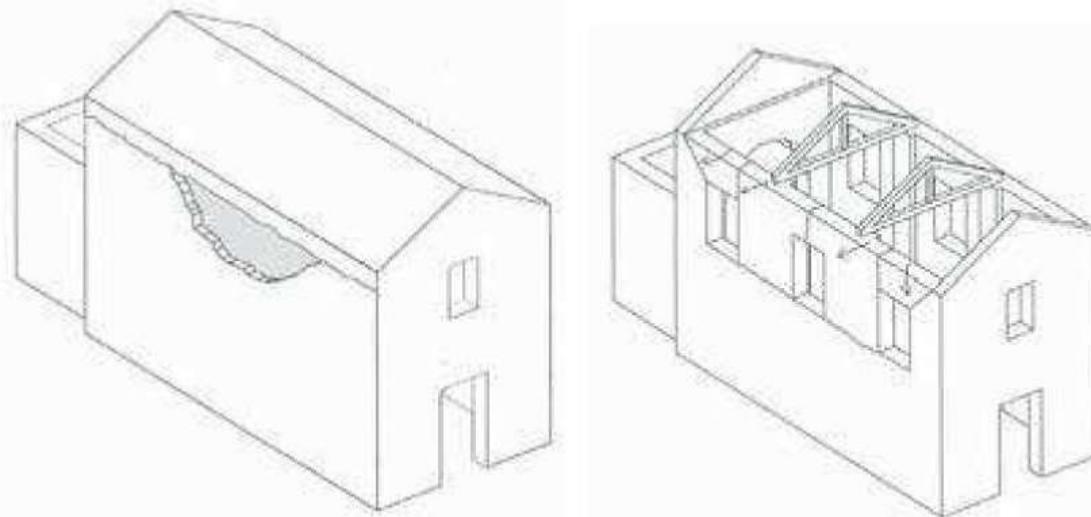
17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO  
O NELL'ABSIDA



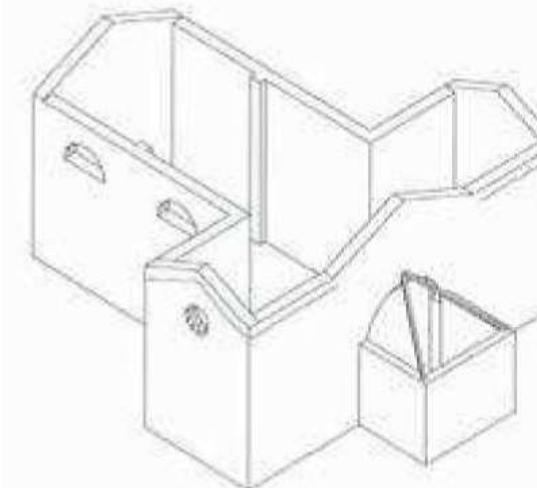
18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDA



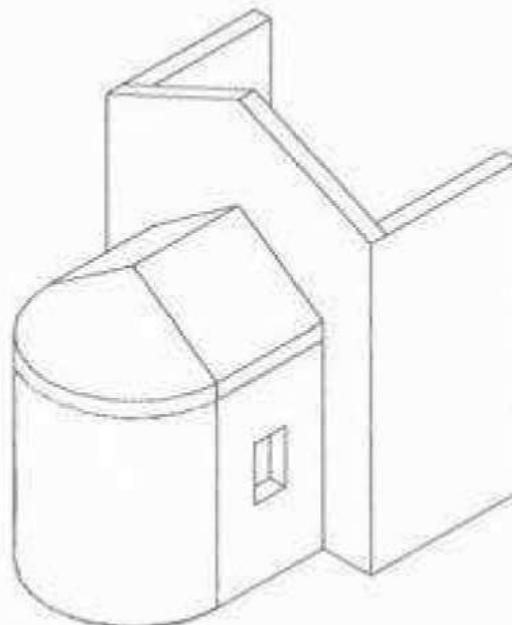
19 – ELEMENTI DI COPERTURA: AULA



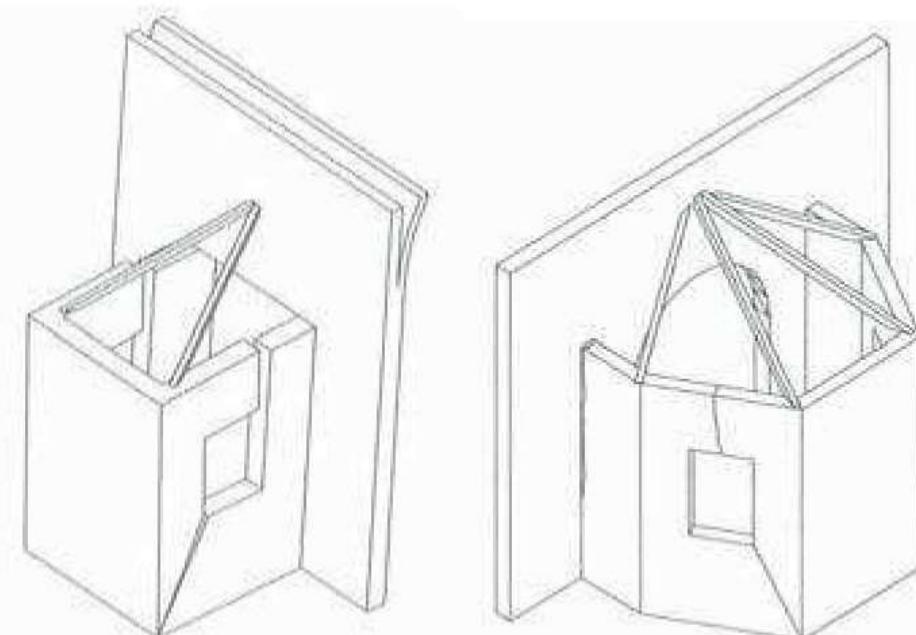
20 - ELEMENTI DI COPERTURA: TRANSETTO



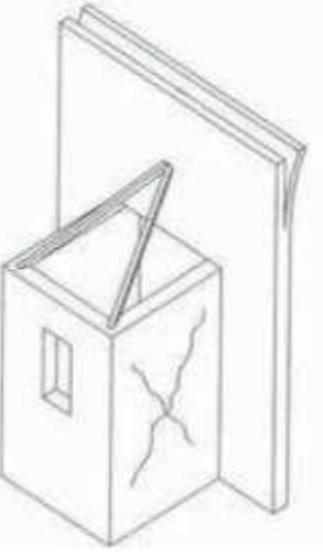
21 - ELEMENTI DI COPERTURA: ABSIDE



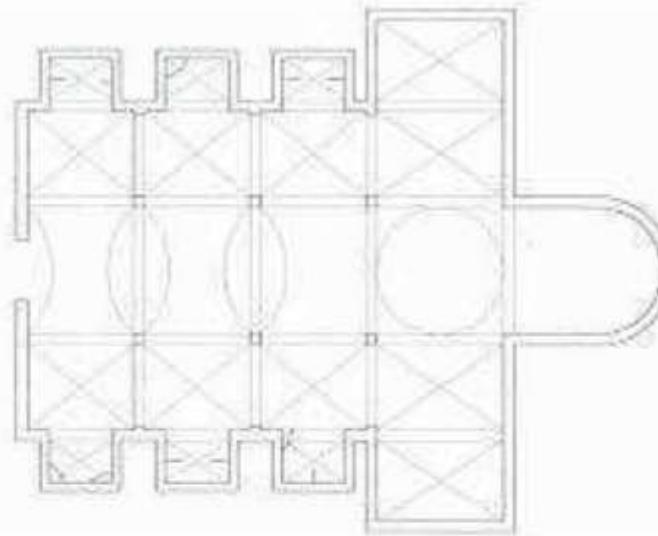
22 - RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE



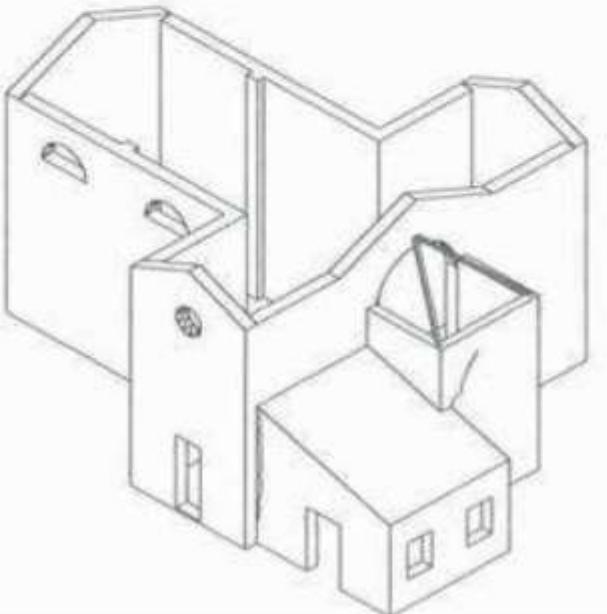
23 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE CAPPELLE



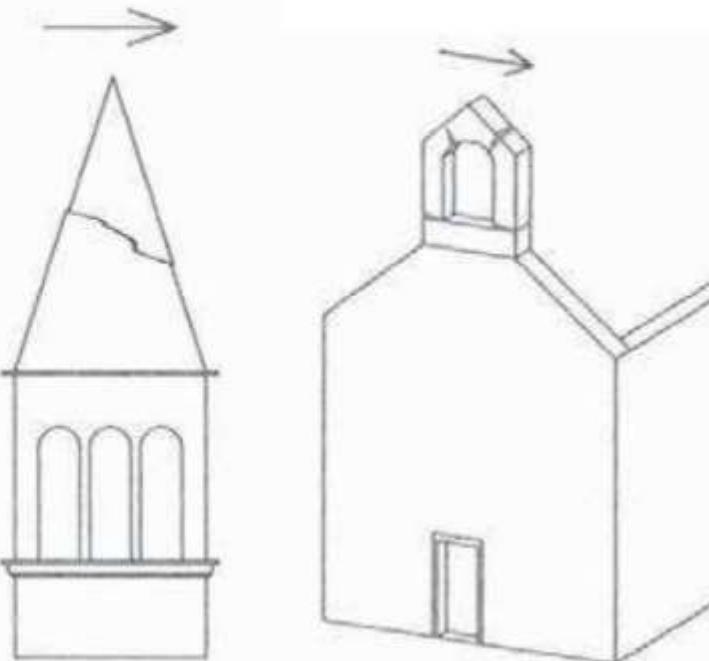
24 - VOLTE DELLE CAPPELLE



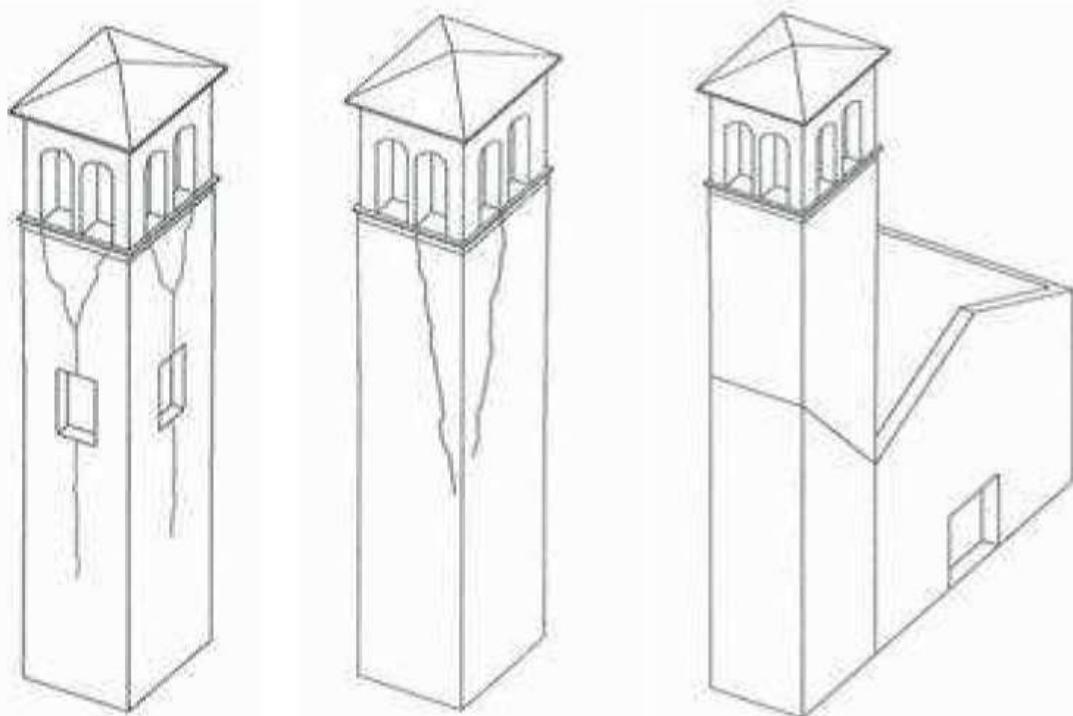
25 - INTERAZIONI IN PROSSIMITÀ DI IRREGOLARITÀ PLANO-ALTIMETRICHE



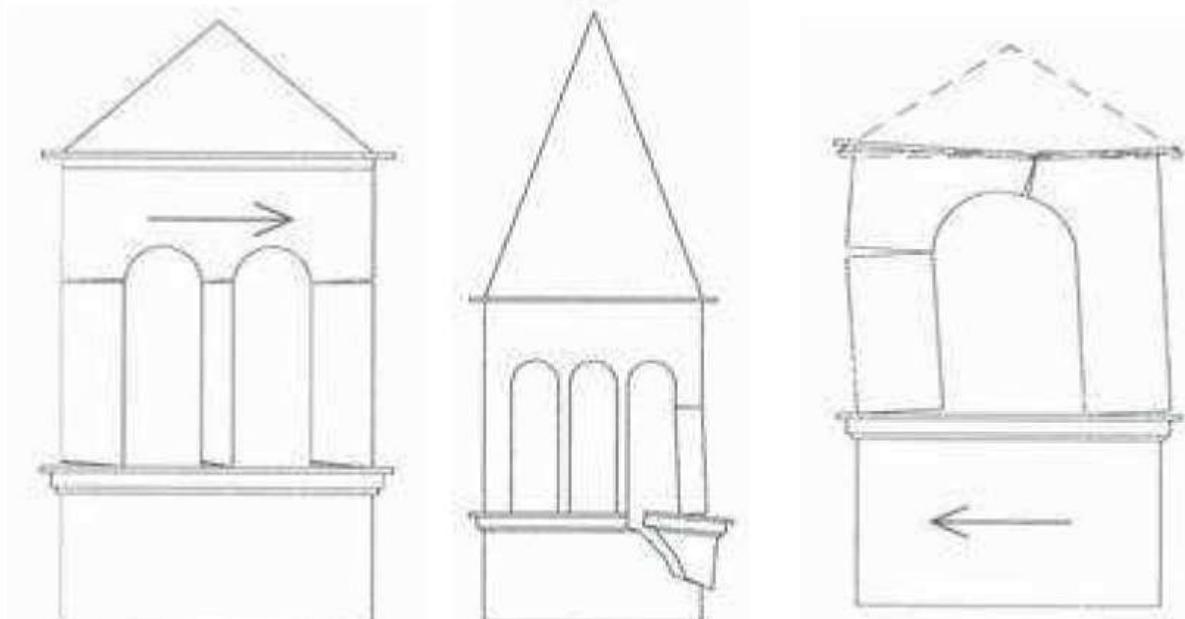
26 - AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)



27 - TORRE CAMPANARIA



28 - CELLA CAMPANARIA



CIRCOLARE n.18 del 25/3/2016  
DIREZIONE GENERALE BELLE ARTI E PAESAGGIO  
SICUREZZA E CONSERVAZIONE.

Guida breve alla direttiva per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle NTC 2008

LA CIRCOLARE, DI UNA DECINA DI PAGINE, COSTITUISCE UNA RIFLESSIONE CON LINEE DI INDIRIZZO PER L'APPLICAZIONE DELLA NORMATIVA ESISTENTE (.. NTC E CIRCOLARE 2008 E DPCM 2011...CIRCA UN MIGLIAIO DI PAGINE ...) LA CIRCOLARE RICHIAMA I PROGRESSI NORMATIVI DI QUESTI ULTIMI ANNI ED IN MODO PARTICOLARE DI QUANTO CONTENUTO NELL'ALLEGATO C DEL DPCM 2011 (MECCANISMI DI COLLASSO). SI RITIENE DI DOVER RIPORTARE INTEGRALMENTE ALCUNI PASSI PARTICOLARMENTE UTILI SIA PER LE FASI INIZIALI DI INDAGINE CHE IL PROGETTO PRELIMINARE .

- La circolare «si rivolge ai progettisti e alle Soprintendenze per puntuallizzare i principi del restauro architettonico con specifico riferimento alle opere di miglioramento delle prestazioni antisismiche e dunque per consentire una più attenta valutazione dei singoli interventi sottoposti al rilascio del nulla osta all'esecuzione da parte degli organi territoriali di questo Ministero».
  - Il buon progetto di restauro si forma attraverso la convergenza di specialità disciplinari e competenze che devono confrontarsi già in fase di rilievo e progetto preliminare e devono continuare ad interagire nelle fasi successive della progettazione fino alla conclusione del cantiere.
- 
- VARIE FIGURE: ARCHITETTO, INGEGNERE, GEOMETRA, GEOLOGO, ARCHEOLOGO, RESTAURATORE, GEOTECNICO, SPECIALISTI PER INDAGINI E PROVE, E VARI OPERATORI-IMPRESE.
  - RICOPRONO LOGICAMENTE UN RUOLO FONDAMENTALE I DIRETTI REFERENTI DELL'INTERVENTO QUALI LA COMMITTENZA, LA SOPRINTENDENZA E, PER OPERE DEL PATRIMONIO CULTURALE RELIGIOSO, LA CURIA.

- Nel progetto di restauro e di recupero, la cosiddetta ricerca storica consiste nella raccolta di informazioni provenienti dall'analisi visiva diretta delle strutture storiche e dalla ricerca di testimonianze documentarie relative all'edificio nel suo sito, dal suo primo impianto attraverso le successive trasformazioni fino all'attualità, ponendo in evidenza le tappe significative. La ricerca serve a riconoscere i valori (storici, architettonici, strutturali, materici, cromatici etc.), che orienteranno progettazione identificando le parti e gli elementi da conservare o reintegrare quelli che possono essere trasformati e i punti critici della costruzione anche per quel che riguarda la concezione strutturale e lo stato di conservazione.

- La fase della conoscenza è di fondamentale importanza per qualsiasi progetto che riguardi il costruito storico, poiché ne determina la qualità e l'efficacia. Non deve mai, pertanto, essere compressa nei tempi e nell'impegno anche economico, come spesso avviene. Un'approfondita conoscenza del manufatto consente spesso, peraltro, risparmi nel contenimento degli interventi strutturali. Le indagini preliminari costituiscono esse stesse attività progettuale in quanto indirizzano il progetto e ne sono a loro volta indirizzate e devono quindi accompagnare l'attività ideativa dell'intervento. Per questo motivo è auspicabile che vengano effettuati dai progettisti stessi o comunque in stretta relazione con essi. Le indagini devono analizzare il sito, il manufatto, la tecnica costruttiva, la struttura, gli impianti e il degrado.

LA FASE DI CONOSCENZA E QUELLA DEL RECUPERO DEI DOCUMENTI STORICI SUL FABBRICATO, COSTITUISCE MOLTO SPESO L'ANELLO PIÙ DEBOLE DI TUTTA LA FASE PROGETTUALE ED È BENE CHE **IL FASCICOLO DEL FABBRICATO** SI ARRICCHISCA PROPRIO DI QUESTI ELEMENTI, (ALMENO CITANDO I DOCUMENTI RITROVATI CON I RELATIVI RIFERIMENTI PERCHE' SIANO FACILMENTE RINTRACCIABILI).

E' IMPORTANTE RACCOGLIERE IL PIÙ POSSIBILE ANCHE TESTIMONIANZE ORALI DI CHI HA SEGUITO IN MODO PIÙ O MENO DIRETTO LE VICENDE LEGATE AL FABBRICATO.

# REGIONE LOMBARDIA

## LEGGE 33 del 12/10/2015

DISPOSIZIONE IN MATERIA DI OPERE O DI COSTRUZIONI E RELATIVA VIGILANZA IN ZONA SISMICA CON APPROVAZIONE DELLE LINEE DI INDIRIZZO E COORDINAMENTO (DGR 30/3/2016-n.X/5001- RIF. ZONIZZAZIONE SISMICA REGIONE LOMBARDIA DGR 11/07/2014 N.X/2129).

IN PARTICOLARE LA LEGGE DA DISPOSIZIONI PER IL «DEPOSITO SISMICO» DEL PROGETTO STRUTTURALE. E' OBBLIGATORIO IL DEPOSITO (QUALORA NON FOSSE NECESSARIA ANCHE UNA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE) PER:

- INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO
- INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO
- INTERVENTI LOCALI

IL DEPOSITO SISMICO DEVE SEMPRE CONCLUDERSI CON UN COLLAUDO

- DECRETO del 29 ottobre 2003  
(a seguito OPCM n.3274 del 20 marzo 2003)
- D.d.u.o. (Decreto del Dirigente dell'Unità Organizzativa)

21 novembre 2003 n.19904 Regione Lombardia

LE DUE NORME CITATE STABILISCONO L'OBBLIGO DI ESEGUIRE LE VERIFICHE SISMICHE SU FABBRICATI DI INTERESSE STRATEGICO E RILEVANTE. IN PARTICOLARE L'OPCM 3274 DEL 2003 STABILIVA CHE LE VERIFICHE DOVEVANO ESSERE ESEGUITE ENTRO 5 ANNI DALL'ENTRATA IN VIGORE DALL'ORDINANZA; IL TERMINE ORIGINARIO DI 5 ANNI PER REGIONE LOMBARDIA, È STATO PIÙ VOLTA PROROGATO FINO AL 31 MARZO 2013.

Tra gli edifici rilevanti sono esplicitamente indicate le scuole (classe d'uso III).

La norma impone la verifica (VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA) senza comunque l'obbligo di adeguamento/miglioramento.

NTC 2018 AL CAP. 8.4.2 STABILISCONO CHE UN INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO PER EDIFICI SCOLASTICI DEVE ESSERE COMUNQUE NON MINORE DI 0,6

(DOVE, IN MODO SINTETICO, IL VALORE 0,6 SI RIFERISCE

AL RAPPORTO TRA L'AZIONE SISMICA MASSIMA SOPPORTABILE DALLA STRUTTURA E L'AZIONE SISMICA CHE SI UTILIZZEREbbe IN QUEL SITO NEL PROGETTO DI UNA NUOVA COSTRUZIONE).

**COMUNE DI MILANO  
REGOLAMENTO EDILIZIO  
BURL n.48 del 26.11.2014:**

**Linee guida di indirizzo per la verifica di idoneità statica delle costruzioni  
ai sensi dell'Art. 11.6 del RE del Comune di Milano**

«ai sensi dell'art. 11.6 del 26.11.2014, data di entrata in vigore del nuovo Regolamento edilizio, dovranno essere sottoposti a verifica di idoneità statica tutti i fabbricati che rientrano nelle seguenti categorie

- ✓ Entro 5 anni: quelli ultimati da più di 50 anni o che raggiungano i 50 anni in questo periodo, qualora non siano in possesso di certificato statico
- ✓ Entro 10 anni: tutti quelli già in possesso di certificato di collaudo statico con data risalente a un periodo superiore ai 50 anni o che raggiungano i 50 anni in questo periodo.

- Le linee guida per l'esecuzione della verifica dei fabbricati finalizzata all'emissione del Certificato di Idoneità Statica (CIS), sono state elaborate in collaborazione con l'ordine degli Ingegneri di Milano
- La verifica di idoneità statica è basata su due livelli di indagine corrispondenti a due livelli di approfondimento.
  - a. il primo livello da effettuare per tutti i fabbricati rientranti nelle categorie previste dall'art. 11.6 del R.E., si basa su un'analisi qualitativa del fabbricato che, qualora risulti esaustiva, e non evidenzi aspetti critici per la sicurezza, da' luogo all'emissione del certificato di idoneità statica (CIS). per procedere all'analisi del fabbricato e' stato predisposto il «riassunto finale delle ispezioni- check list A», (allegata sub.2.1) che il tecnico abilitato dovrà opportunamente compilare. per meglio esplicitare i contenuti degli accertamenti è stata redatta «scheda livello 1 per l'emissione del cis «allegata sub 2.2»

b. il secondo livello è da effettuare solo nel caso in cui il primo non sia risultato esauriente o abbia individuato situazioni di possibile pericolo; in questa situazione, in conformità con le disposizioni della norma vigente, (cap. 8 NTC), si esegue la verifica di sicurezza per definire opportune opere di rinforzo.

- Ai fini dell'attuazione delle verifiche di idoneità statica la Proprietà o l'Amministratore provvederà alla nomina di un tecnico Abilitato allo svolgimento delle verifiche di idoneità statica;

- Il CIS viene allegato al **fascicolo del fabbricato**, come indicato all'Articolo 47 del Regolamento Edilizio; viene inoltre depositato presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano, ai fini di attività di monitoraggio e di analisi statistiche del patrimonio costruito. Il certificato ha una validità temporale massima di 15 anni. La mancata emissione del CIS entro i limiti temporali fissati dall'Articolo 11.6 fa venire meno all'agibilità del fabbricato o di una sua parte nel caso questa sia una pertinenza distinta dell'intera costruzione. La responsabilità dell'attuazione delle verifiche è in capo alla Proprietà/Amministratore. In caso di compravendita i notai dovranno allegare la Certificazione di Idoneità Statica (CIS) all'atto di vendita.

- L'ARTICOLO 11.6 DEL R.E. DEL COMUNE DI MILANO, INTRODUCE UNA NORMA CHE INCIDE IN MODO DETERMINANTE SULLA VERIFICA DELLA SICUREZZA DEI FABBRICATI ED È PROBABILE CHE UNA NORMA ANALOGA VENGA ADOTTATA A LIVELLO REGIONALE E A LIVELLO NAZIONALE. È DA RICONOSCERE IL FONDAMENTALE APPORTO DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI MILANO SIA PER LA FORMULAZIONE DELLE LINEE GUIDA CHE PER LA GESTIONE, IL CONTROLLO E L'ARCHIVIAZIONE DEI CIS. NON È IMPROBABILE, VISTA L'ENORME QUANTITÀ DI EDIFICI COINVOLTI, CHE SI POSSA ANDARE VERSO UNA GRADUAZIONE DELLE SCADENZE. AL DI LÀ DEGLI OBBLIGHI PREVISTI DAL REGOLAMENTO EDILIZIO PER GLI EDIFICI DEL COMUNE DI MILANO, LE LINEE GUIDA CON RELATIVI ALLEGATI, SONO COMUNQUE UTILIZZABILI PER LE VERIFICHE DI SICUREZZA DI PRIMO LIVELLO DEGLI EDIFICI ESISTENTI COMPRESI QUELLI DEL PATRIMONIO CULTURALE.

## 2) CASI CONCRETI:

- Patologie, rassegna di immagini
- Primi passi per affrontare i problemi delle strutture, immagini

# Elementi murari e lapidei dissesti e degradi





ISPEZIONE-PIANO DI MANUTENZIONE









IL DISSESTO...

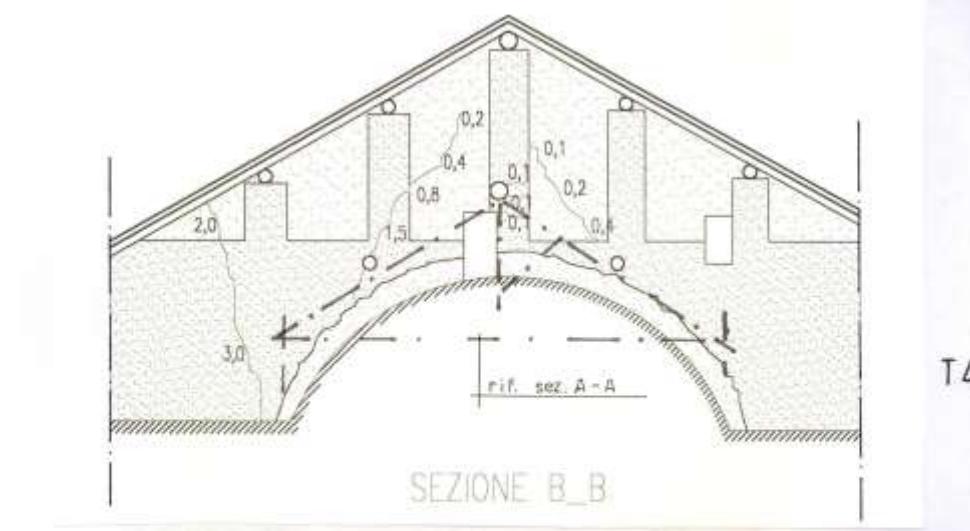


**...LA CAUSA...**

CAPOCHIAVE METALLICO  
DI CATENA IN LEGNO  
ESTRADOSALE  
COMPLETAMENTE  
DETERIORATA







F9



F10





LESIONE PER FULMINE



DISSESTO PER INCIDENTE











# Elementi in legno dissesti e degrado



LA ROTTURA...



FIACCOLA IN CEPO LESIONATA SUL CAMPANILE

...LA CAUSA...

FIACCOLA CADUTA DAL CAMPANILE













STRUTTURA CON DEFORMAZIONE ANOMALA...

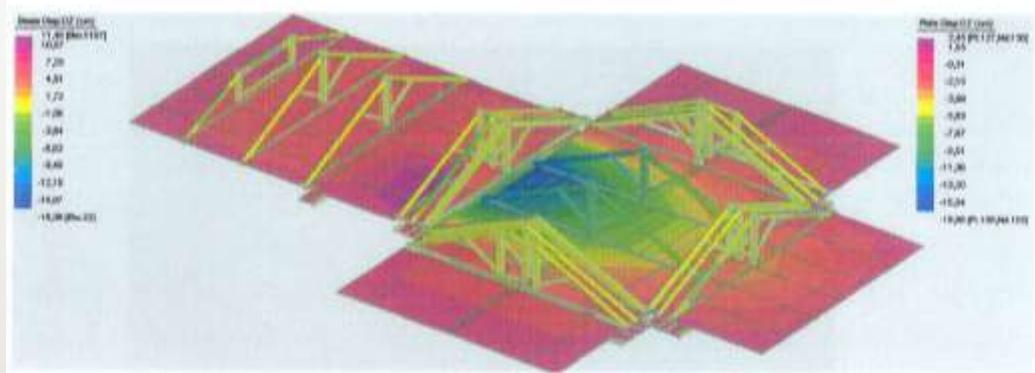


Figura 30: Deformata modello 3 PP + persona in mezzo

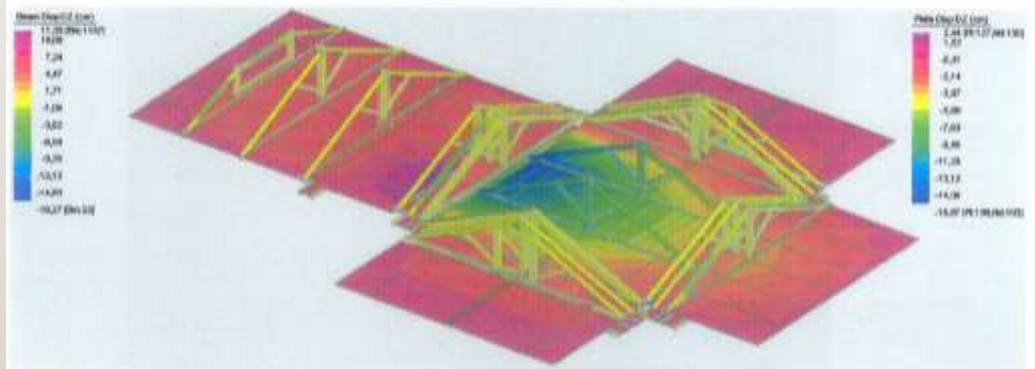


Figura 31: Deformata modello 3 PP + persona di lato

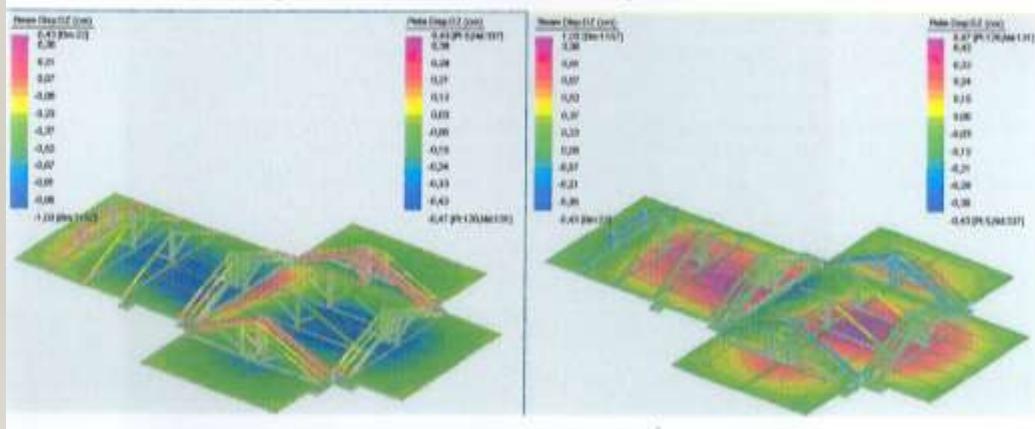


Figura 32: Deformata modello 3  $\Delta T'$  e  $\Delta T$



... LA CAUSA: IL COLLASSO DELLE TESTATE DELLE CAPRIATE







# Elementi metallici dissesti e degrado









DALLE OSSERVAZIONI DI ANOMALIE  
(FESSURAZIONI DEL CAPITELLO IN GESSO E TRACCIA DI RUGGINE  
SU UNA FOGLIA D'ACANTO)  
E' INIZIATA UNA SERIE DI INDAGINI CON CONSEGUENTE  
INTERVENTO









ROTTURA DI UN TIRANTE

CRICCA IN UN TIRANTE











# Campane e castello degrado





# Tiranti e cerchiature in legno tipologie dissesti e degrado



1 CERCHIATURA  
ORIGINARIA  
1

2-3 INTERVENTI  
SUCCESSIVI  
(non risolutivi)

2

3



CATENA INCLINATA  
PER L'ARCO

CATENA IN LEGNO CAPRIATA



CATENA ESTRADOSSEALE IN LEGNO  
CON CAPOCHIAVE IN FERRO



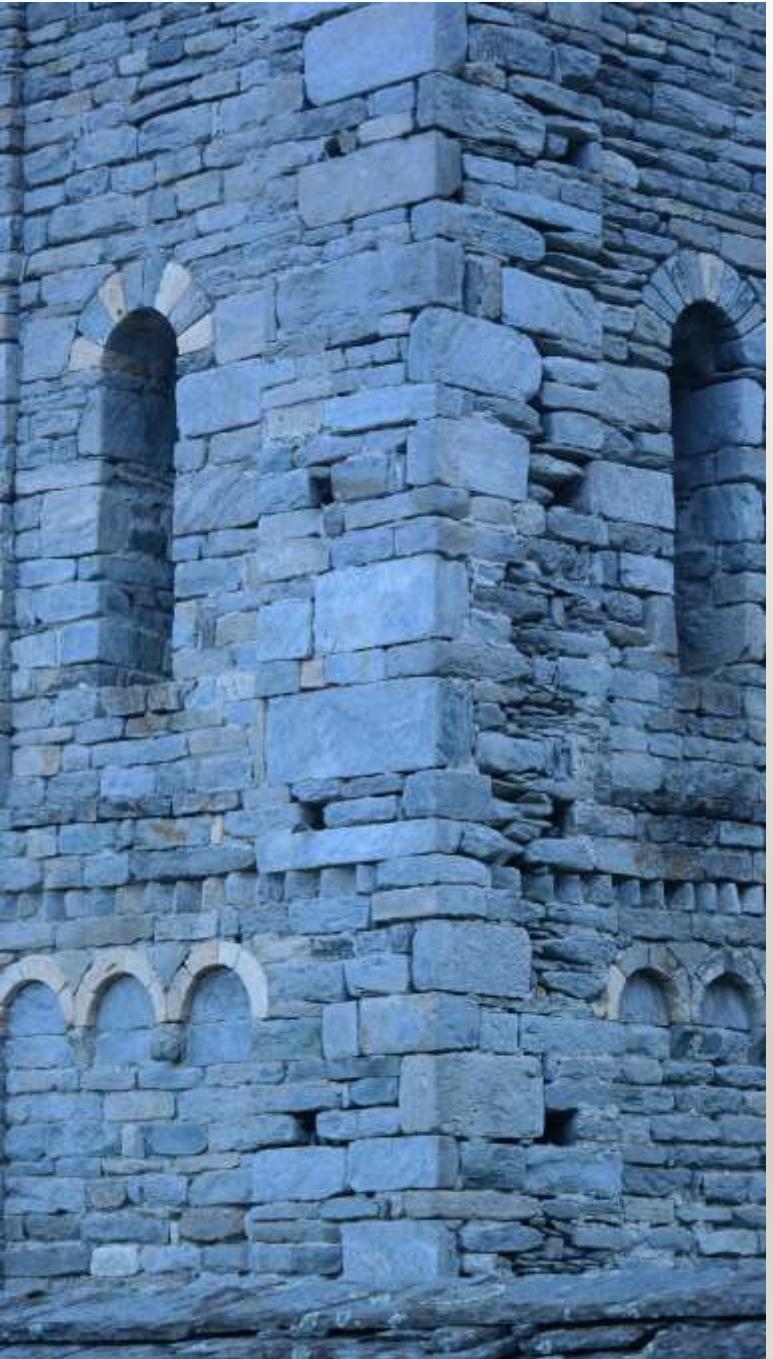
CAPOCHIAVE METALLICO  
DI CATENA IN LEGNO  
ESTRADOSSALE  
COMPLETAMENTE  
DETERIORATA





DEGRADO COMPLETO  
CATAENA IN LEGNO

FOTO 1



DISSESTI PER DEGRADO CATENA IN LEGNO DI FOTO 1

DISSESTI, PATOLOGIE ED ANOMALIE POSSONO ESSERE PIU' O MENO EVIDENTI.

IN ALCUNI CASI BASTA UNA SEMPLICE OSSERVAZIONE, IN ALTRI SERVONO SOPRALLUOGHI E CONTROLLI (EFFETTUATI DA PERSONE COMPETENTI) SOPRATTUTTO NEI LUOGHI MENO FREQUENTATI DELL'EDIFICIO.

IN PARTICOLARE, CON RIFERIMENTO AI BENI DELLE PARROCCHIE, DOPO UN'INIZIALE VALUTAZIONE DA PARTE DEL TECNICO DI FIDUCIA, OCCORRE UNA SEGNALAZIONE AI TECNICI DELL'UFFICIO AMMINISTRATIVO DIOCESANO (UAD), PER UN NECESSARIO CONFRONTO SULLE PROCEDURE DA SEGUIRE.

Esempio di chiesa del '600 rimasta incompiuta

TESTIMONIANZA DELLE FASI COSTRUTTIVE:

1. muratura
2. copertura
3. volte





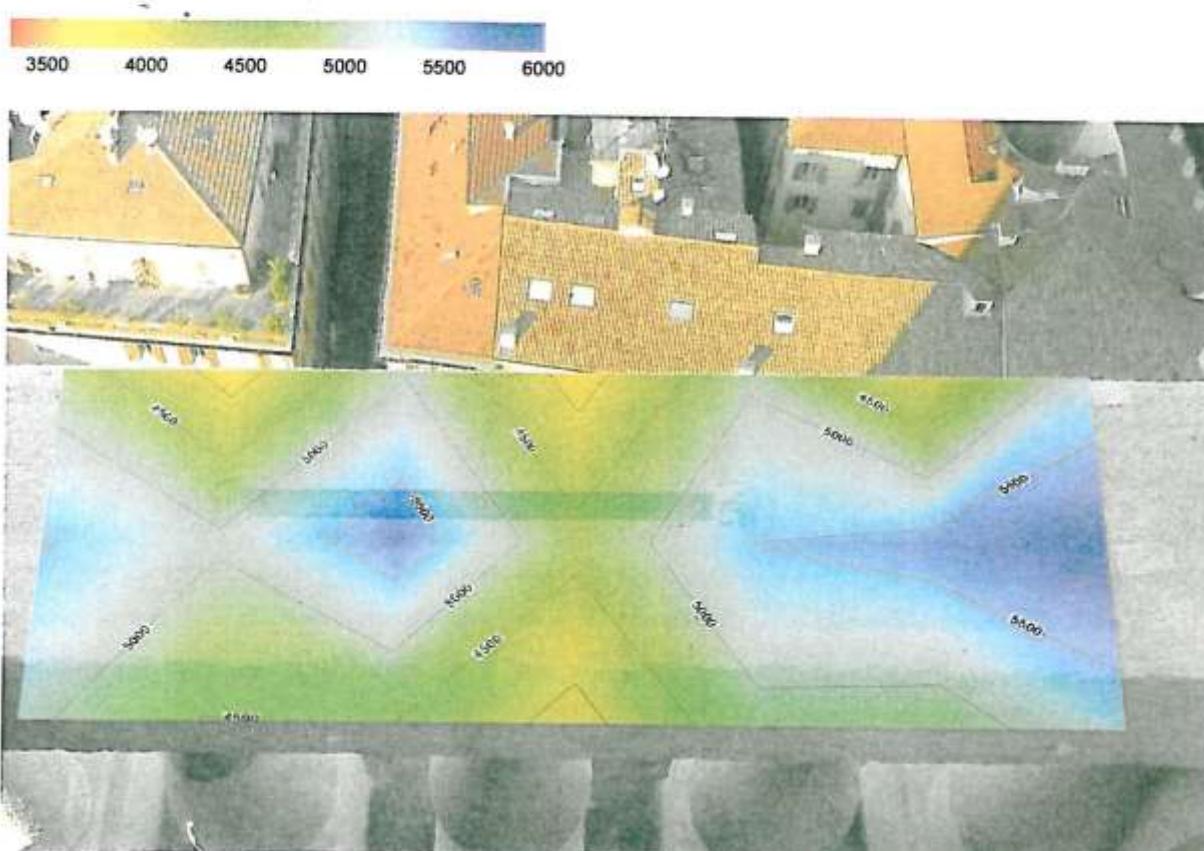


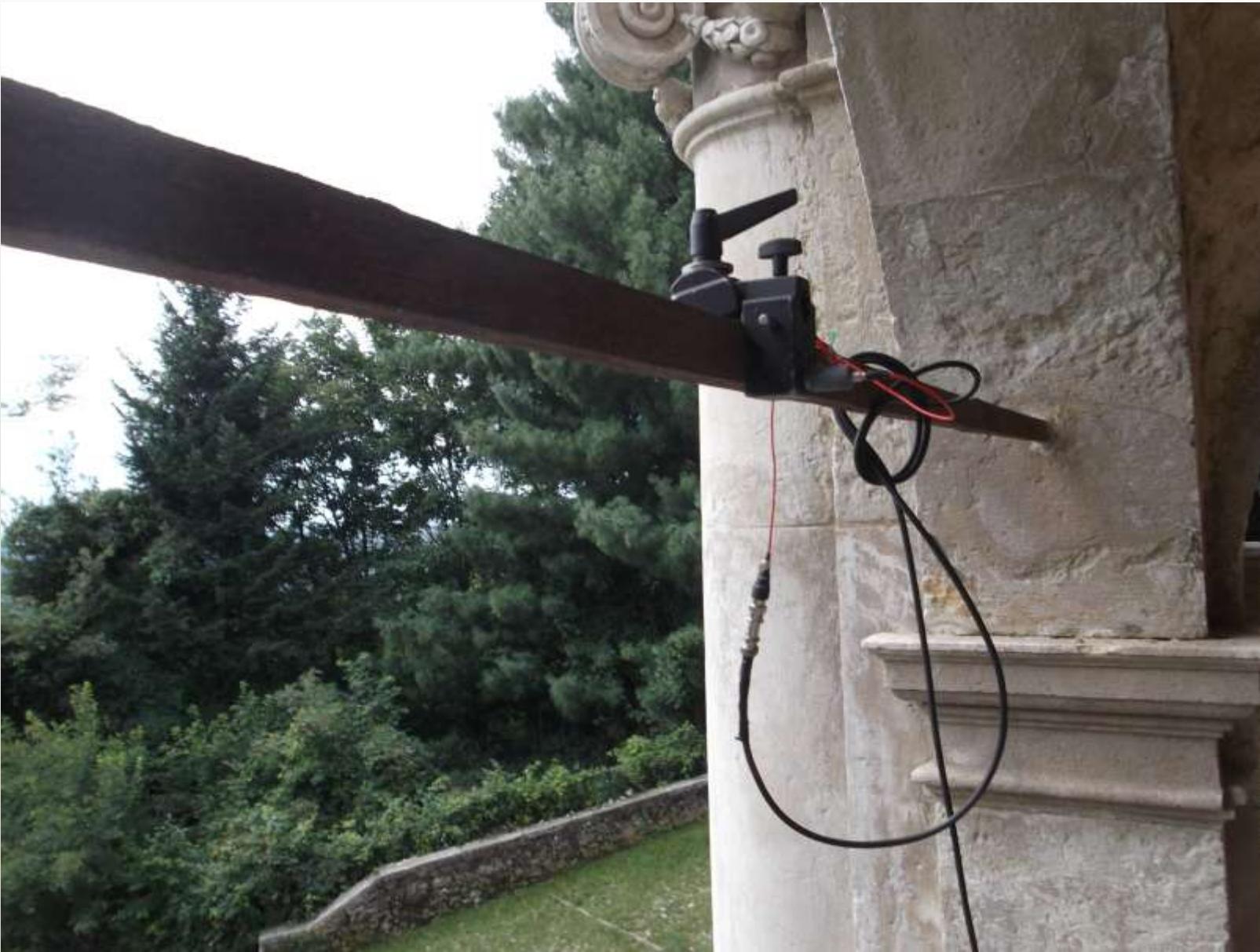
CAPOCHIAVE METALLICO CHE TIENE CONTO DELLO  
SPESSORE DELLA VOLTA E CON L'ASOLA PER  
L'INSERIMENTO DEL TIRANTE CENTRALE

# Prove, indagini e monitoraggi

Fig. 5 Analisi ultrasonica  
sulla cimasa restaurata.

Ultrasonic analyses  
on the restored moulding.





ACCELEROMETRO PER MISURARE LA FREQUENZA DI VIBRAZIONE E QUINDI IL TIRO



PROVE SONICHE ED ELETTRICHE PER  
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO



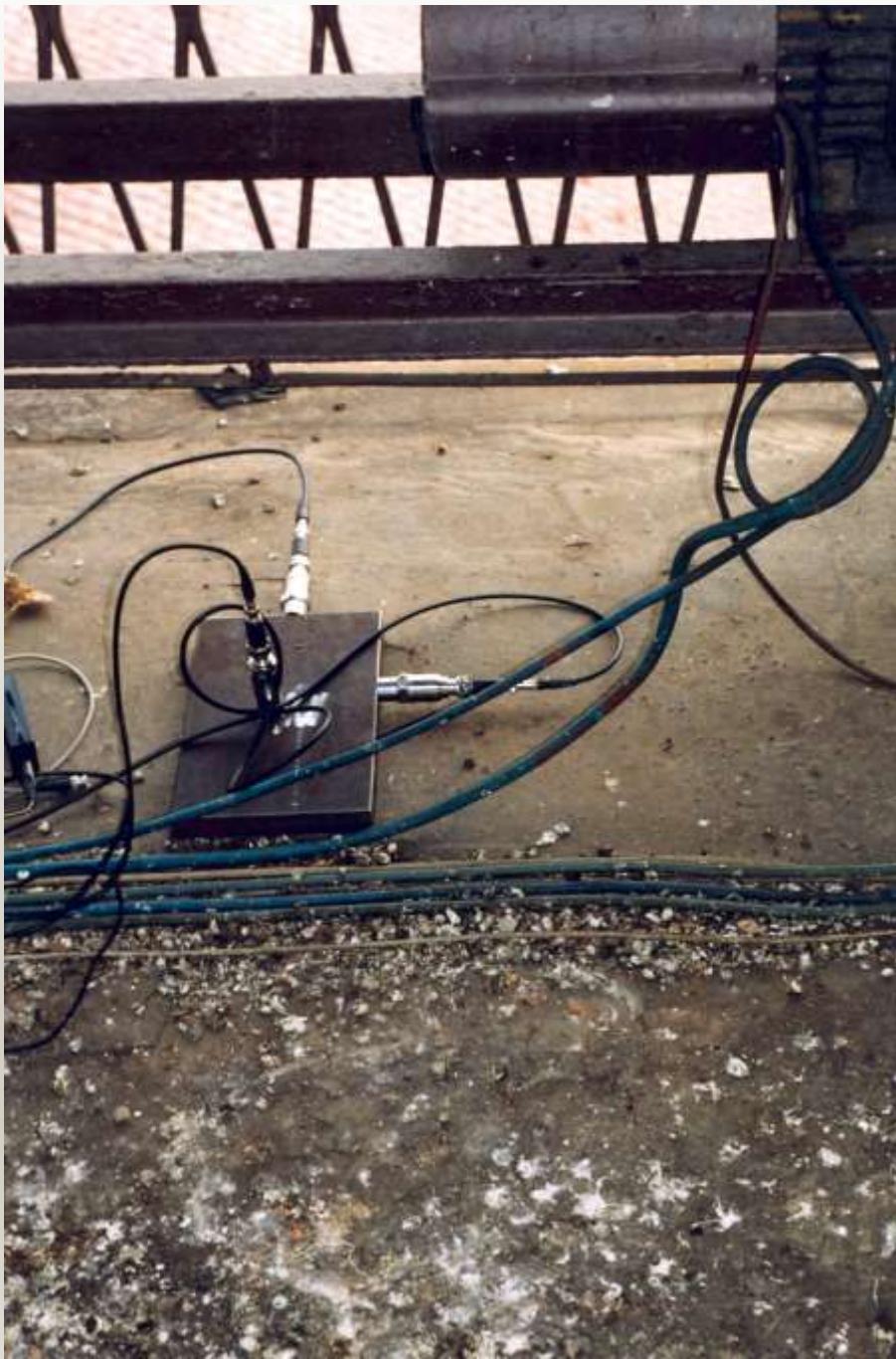


ESTENSIMETRI ELETTRICI

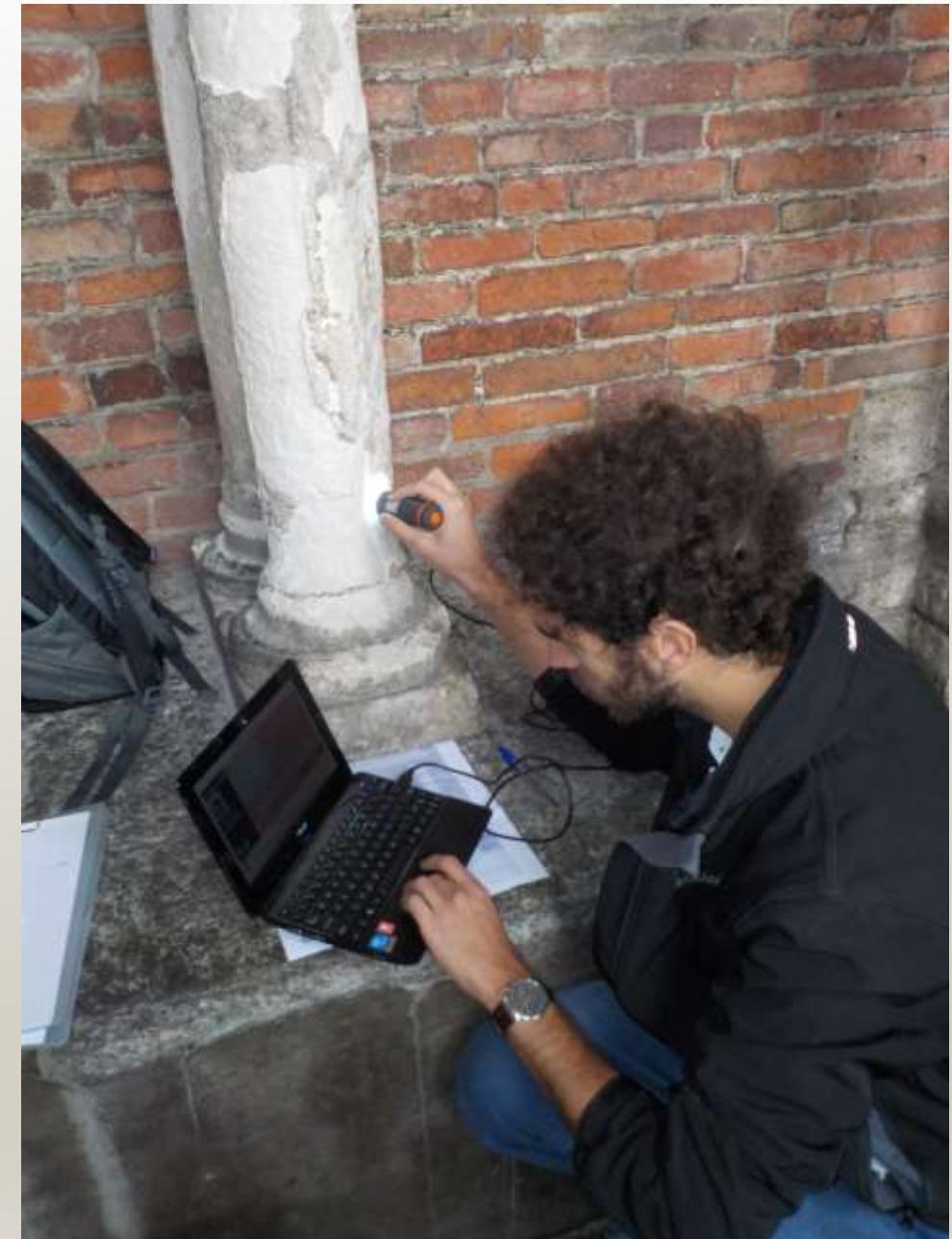




FESSURIMETRO

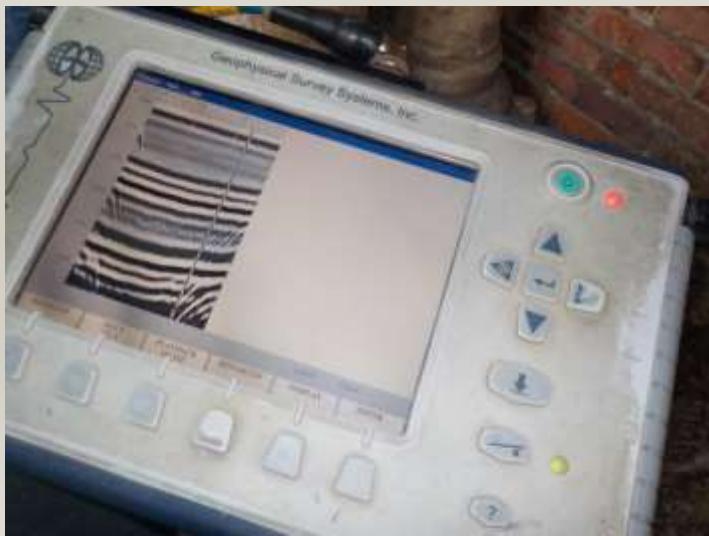


PIASTRA CON ACCELEROMETRI  
PER PROVA DINAMICA SU  
CAMPANILE



PROVE ULTRASONICHE E SONICHE

## PROVA CON GEORADAR





PROVA PENETROMETRICA



CAROTAGGIO



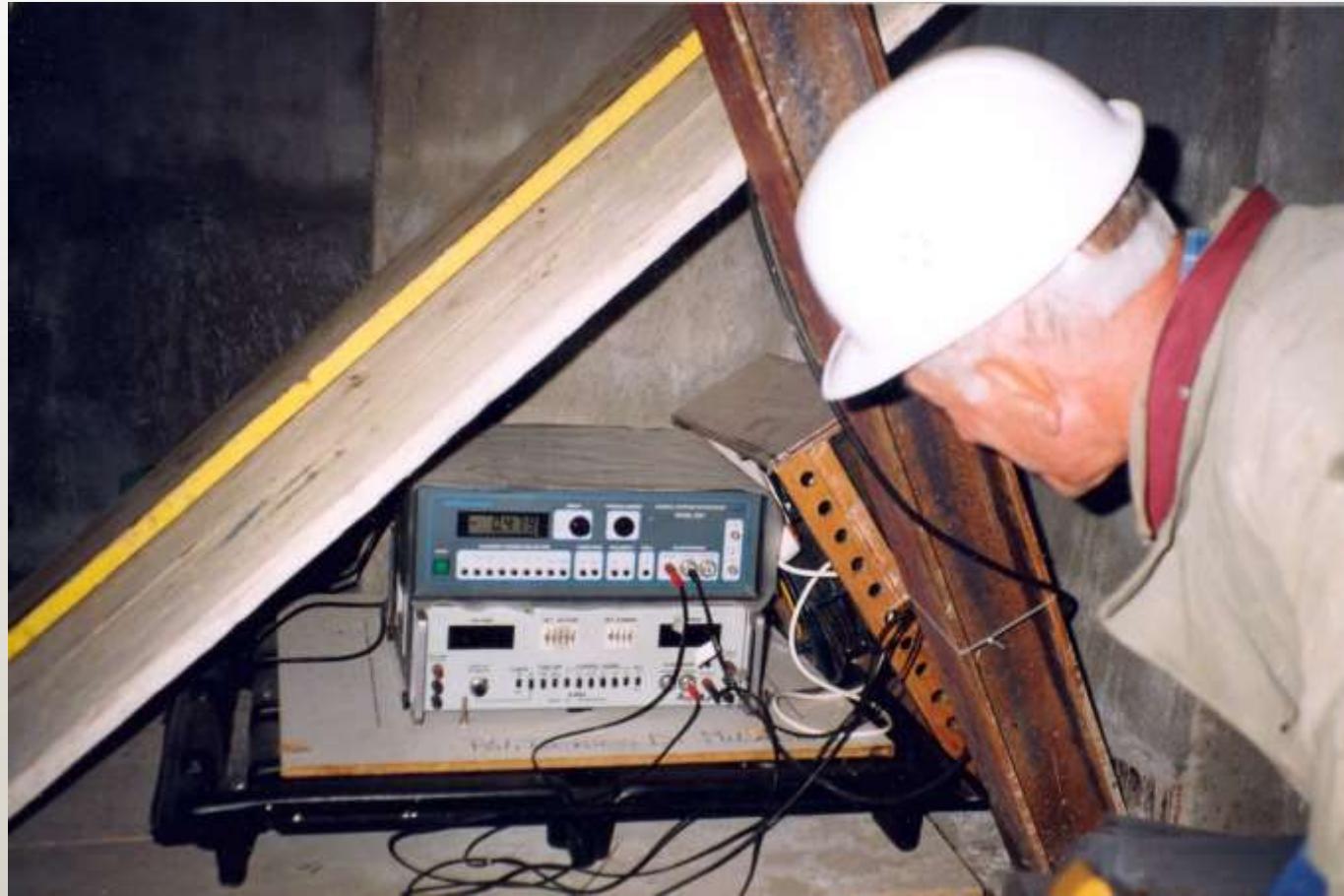
# carbonatazione





LO SPESSORE CARBONATATO  
E' QUELLO DI COLORE GRIGIO





# RIALCALINIZZAZIONE

SPERIMENTAZIONE POLIMI – prof. Luca Bertolini, prof.ssa Maddalena Carsana



RIALCALINIZZAZIONE: REALIZZAZIONE  
pasta di cellulosa sostituita con fogli di giornale



Dopo la rialcalinizzazione, fasciatura con fibre  
al carbonio



L'ISPEZIONE VISIVA  
E' INDISPENSABILE

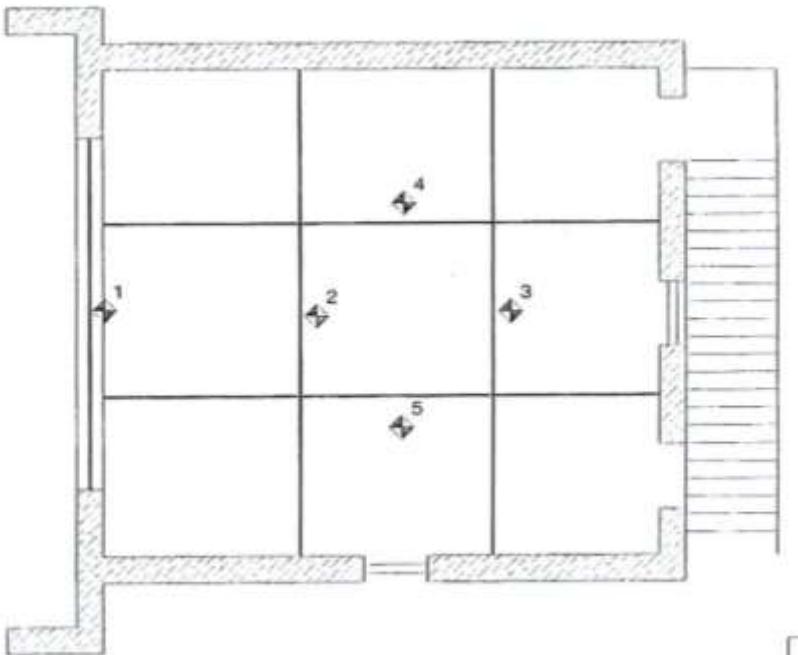


# VARESE BATTISTERO



arch. Gaetano Arricobene  
ing. Francesco Parolari  
maestro Giacomo Luzzana, restauri



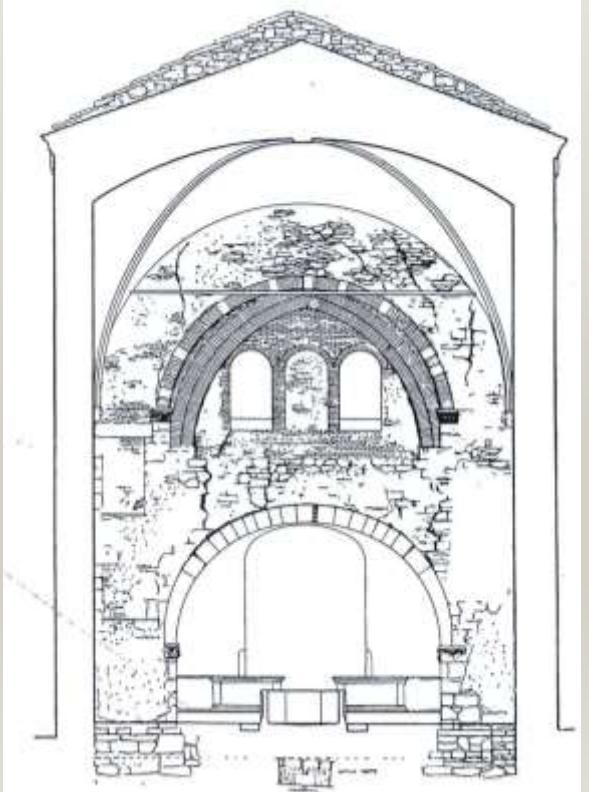


## TABELLA DI CALCOLO DELLE TENSIONI IN TIRANTI METALLICI

### TIRANTI RETTANGOLARI

Tirante n°	Base (cm)	Alt(cm)	Luce(cm)	F1(Hz)	S2(daN)	T(daN/cmq)
1	2,0	6,0	460		20026	1669
			470	15,84	20940	1745
			480		21872	1823
2	1,0	7,1	783		4277	602
			793	5,55	4388	618
			803		4500	634
3	1,0	7,1	779		3404	479
			789	4,98	3493	492
			799		3583	505
4	1,0	7,1	732		3001	423
			742	4,98	3085	434
			752		3170	446
5	1,0	7,1	718		2816	397
			728	4,92	2896	408
			738		2977	419

Disegni tratti da:  
«Il Medioevo  
ritrovato»,  
Il Battistero di San  
Giovanni, a cura  
dell'arch. Luca Rinaldi





COSTOLONI ORIGINARI











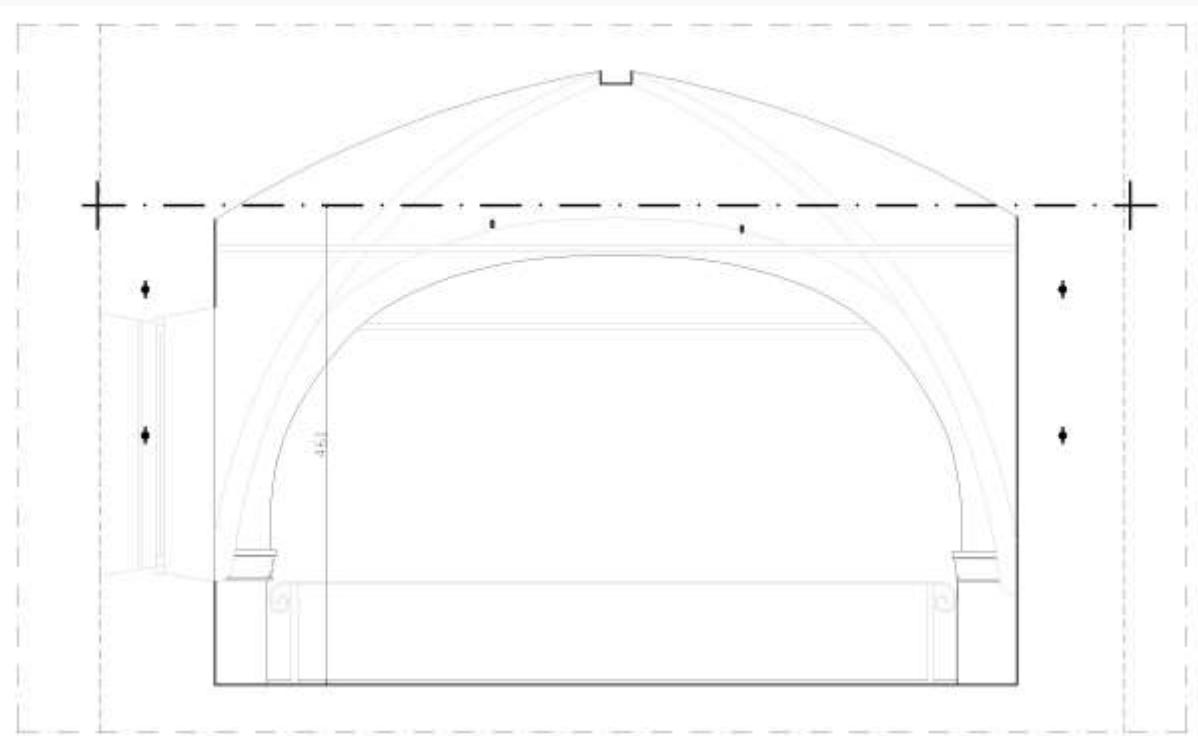
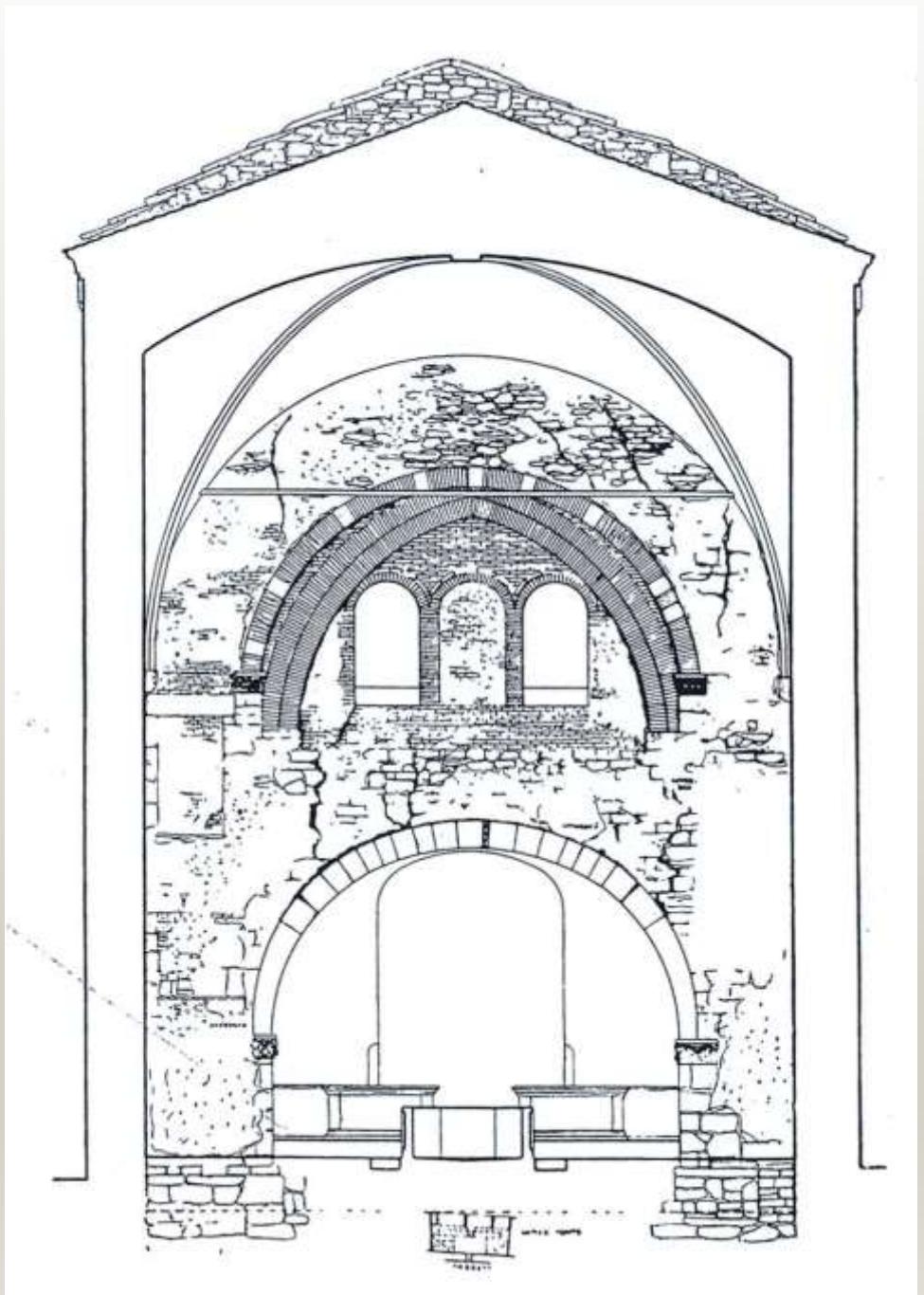


foto9

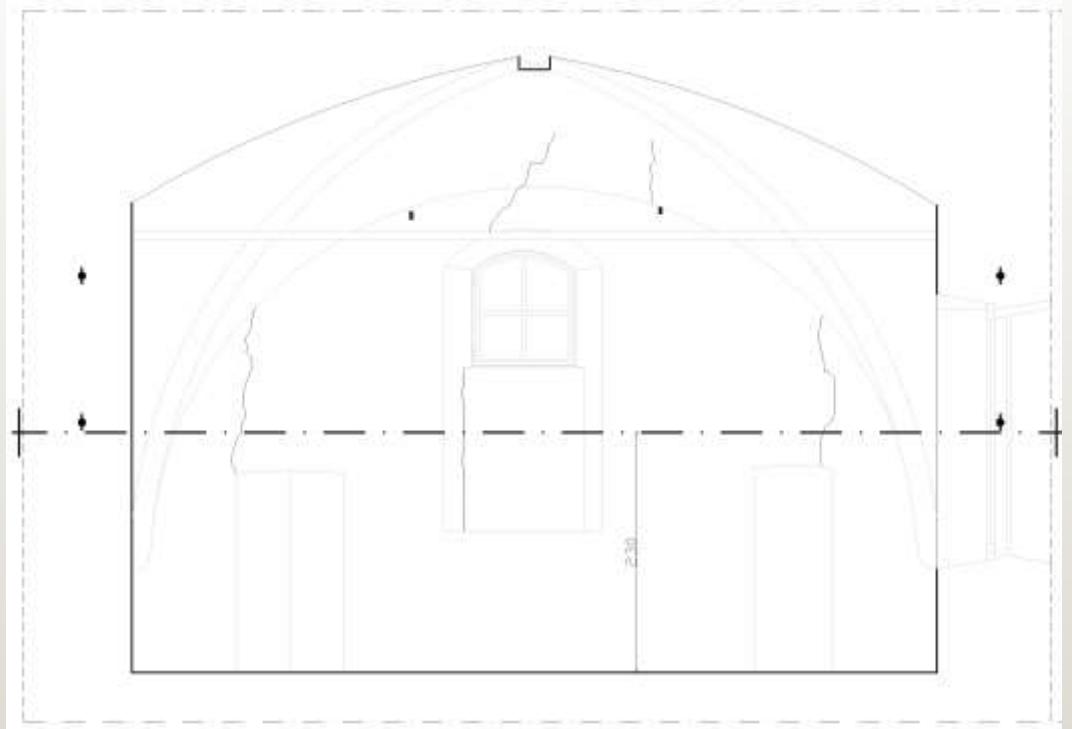


foto 6

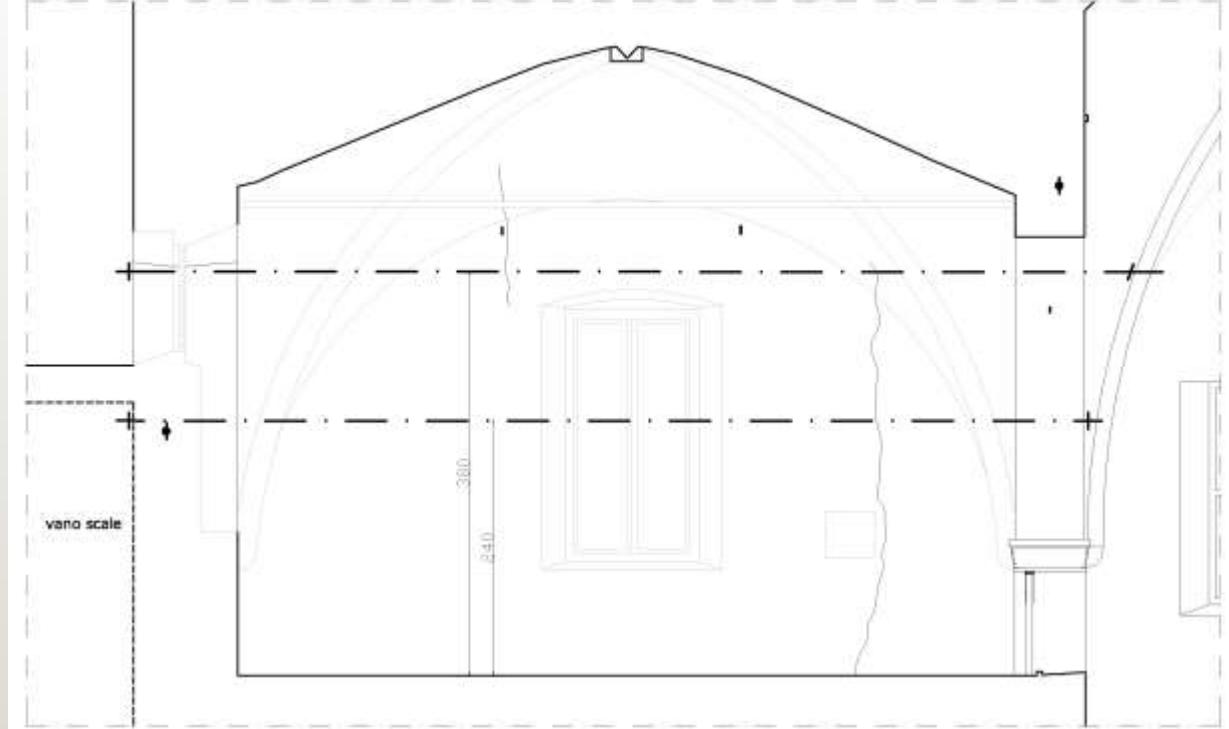


foto7

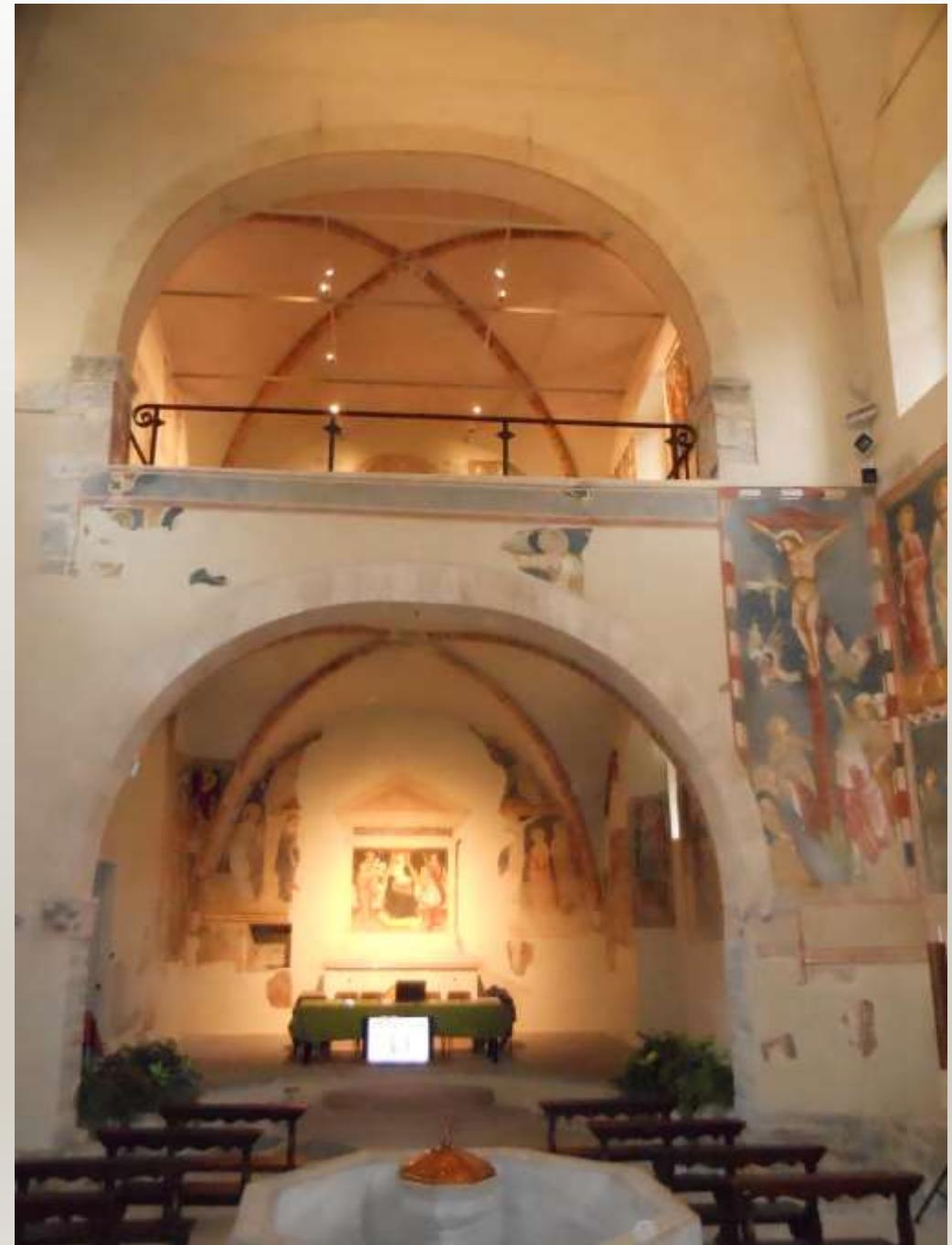












# Documenti storici ed interventi rilevati

## Relazione sulle condizioni della Cupola della Chiesa di Annone Brianza

Il sottoscritto, incaricato dalla On. Fabbriceria della Parrocchia di Annone Brianza di esaminare le condizioni di stabilità della Cupola della Chiesa Parrocchiale, in seguito alle diverse visite e agli scambi già seguiti in luogo, riferisce:

La Chiesa Parrocchiale di Annone Brianza è costituita a forma di croce latina con tre navate; al centro della croce si elevano i quattro piloni che a dieci a due sostengono i quattro archi principali; da questi si svolgenti i pennacchi formando così una corona circolare del diametro di m. 9.55 in cui si innesta il muro del tamburo per una altezza di m. 5.0 e su questo la volta a forma di calotta sferica con una sottilità di m. 0.50, coperta dal tetto, a forma di cono, costituito in lamiere di zinco con armature in legno.

Il muro del tamburo non è sostenuto direttamente dai pennacchi né in cogli arcioni, ma da pinnaci e da archi secondari che si svolgenti superiormente ai pennacchi, inscatati sui panchi degli archi, e collegati con chiavi in legno, in particolare, con le loro estremità come sotto annotato da costituzionali.

Tutti gli archi principali hanno chiavi in ferro. La detta cupola trovansi in condizioni assai deplorabili.

## Ottobre 1906

Demolizione della cupola della chiesa parrocchiale  
della cupola e ricostruzione da un'impresa Xaxxa; l'opera molto importante compiuta in questo anno Xaxxa anno 1906. Le impostazioni innestate nello stesso anno riservano sempre più a tutti i gradini per l'ingombro, finché spira del male loro. Il 26 novembre ha luogo una seconda visita dell'Ing. Carati che lo consiglia d'accudire all'alto rendendo più utile e duratura. Si preferisce scoprire.

Opere urgenti  
Nessun muro mostrano il difetto di calo in fine già sine della prima costruzione e preferiscono oltre ogni regola l'usura fino del la cupola negli archedi ed arcioni. Il paragone oppure risulta più evidente dalla riproduzione di esperti già segnalati nel passato. L'ingegno Carati consiglia la demolizione totale sino agli arconi ed archedi sovrastanti i pennacchi. Il 10 maggio si iniziano i lavori di abbattimento e rifacimento delle impostazioni. Sono queste formate da dieci piloni di pini colligati fissi nel molo, se lungo il molo, che per parte del Pato degli altari riduci. All'altezza del campanile si formano un primo punto vuoto; allo stesso punto regole perfettamente orizzontali e stese all'altezza della quarta fascia della cupola. La volta da dimostrare, fatta da trei costolature delle pietre di un mattone e larghezza dimensioni da un metro a circa 35 cm. La costolatura si ricorda essere solida, ma il Pavolato degli intrecci è insopportabile per le infiltrazioni da l'hanno scommesso. Tutto la volta, per ricevere, viene armato. La demolizione indi si compie in poco. L'ingegno in genere è consigliato dall'autobloccante, le volte e ancora sostituito, ma per favorire immediatamente dei fatti visti per fissare al legno piume che le infiltrazioni. Riconosciuta la demolizione del muro, questo appena restante assai minima deve farlo a suo di credito, cioè da l'hanno in alto, sopra il campanile istesso. Farà quindi speranza di poter riparare ancora la cupola, allargando soltanto la nuova volta a tutto intorno, in modo di rendere possibile l'usura tra la volta e il tetto risarcito. Il Parroco, che già desidera vedere quel'opera di riparatore, proponga si sospenda il bacio in attesa di un nuovo quadro dell'ingegnere. Il quale è affidato l'opera, il nominato

FOTO STORICHE

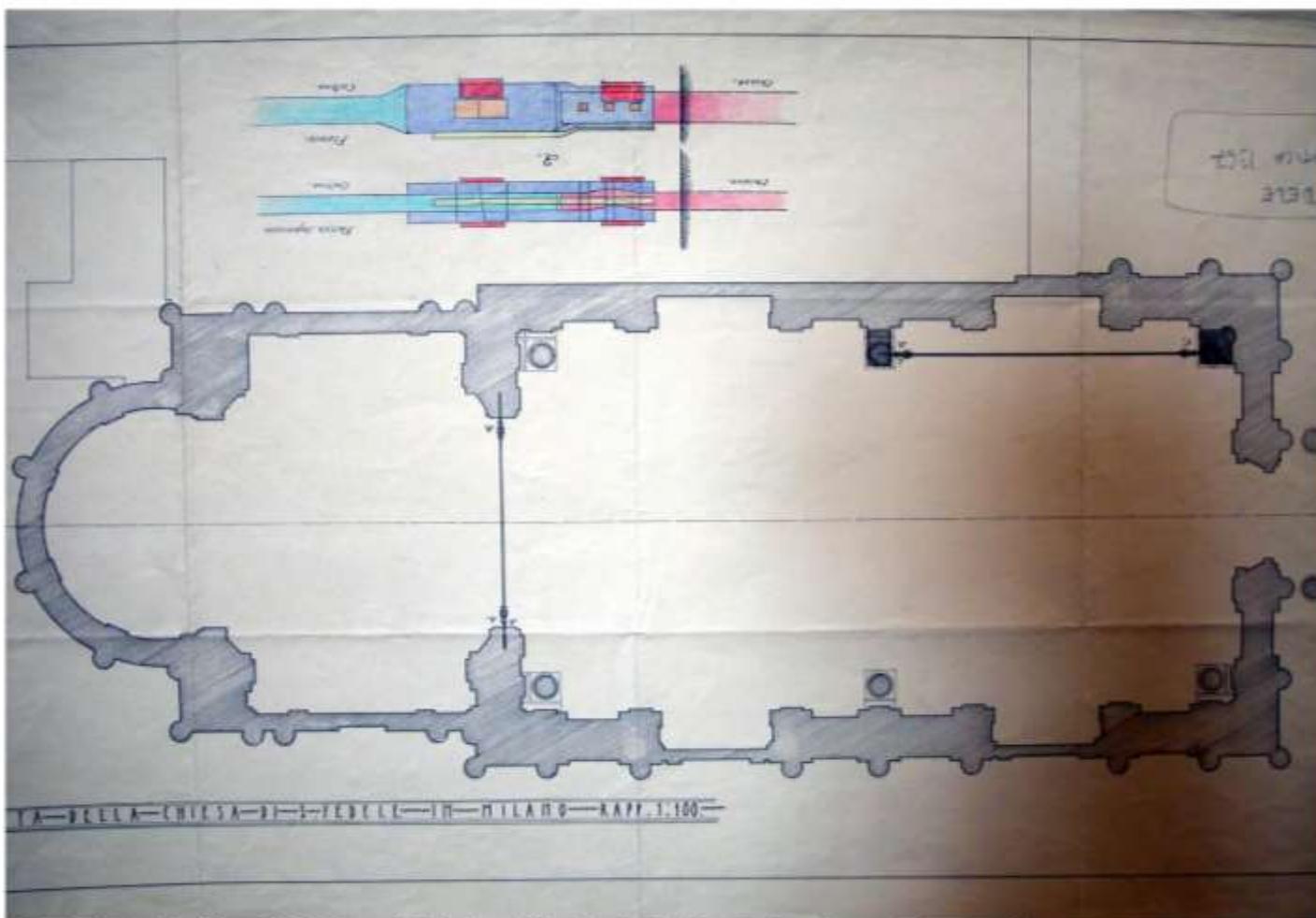
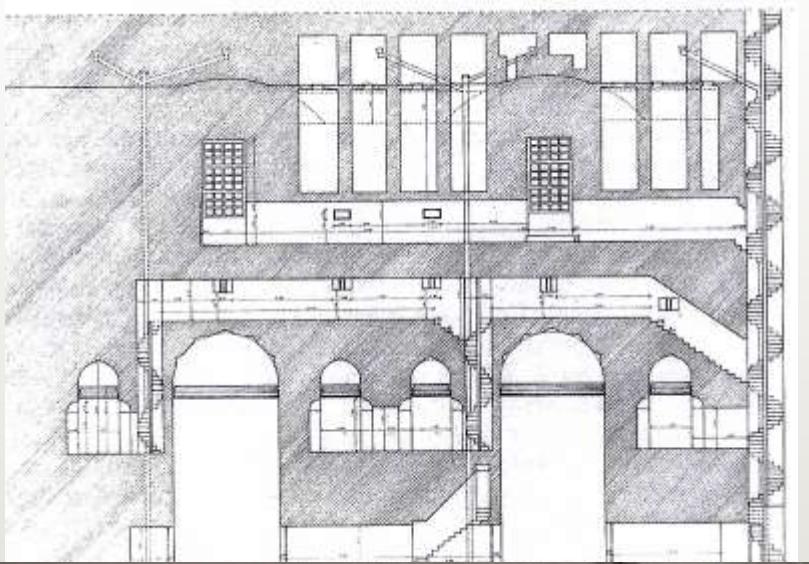


Fig.1.a Pianta della Chiesa di S.Fedele con l'indicazione dei due tiranti rotti ed il particolare della congiunzione tra chiave e catena.

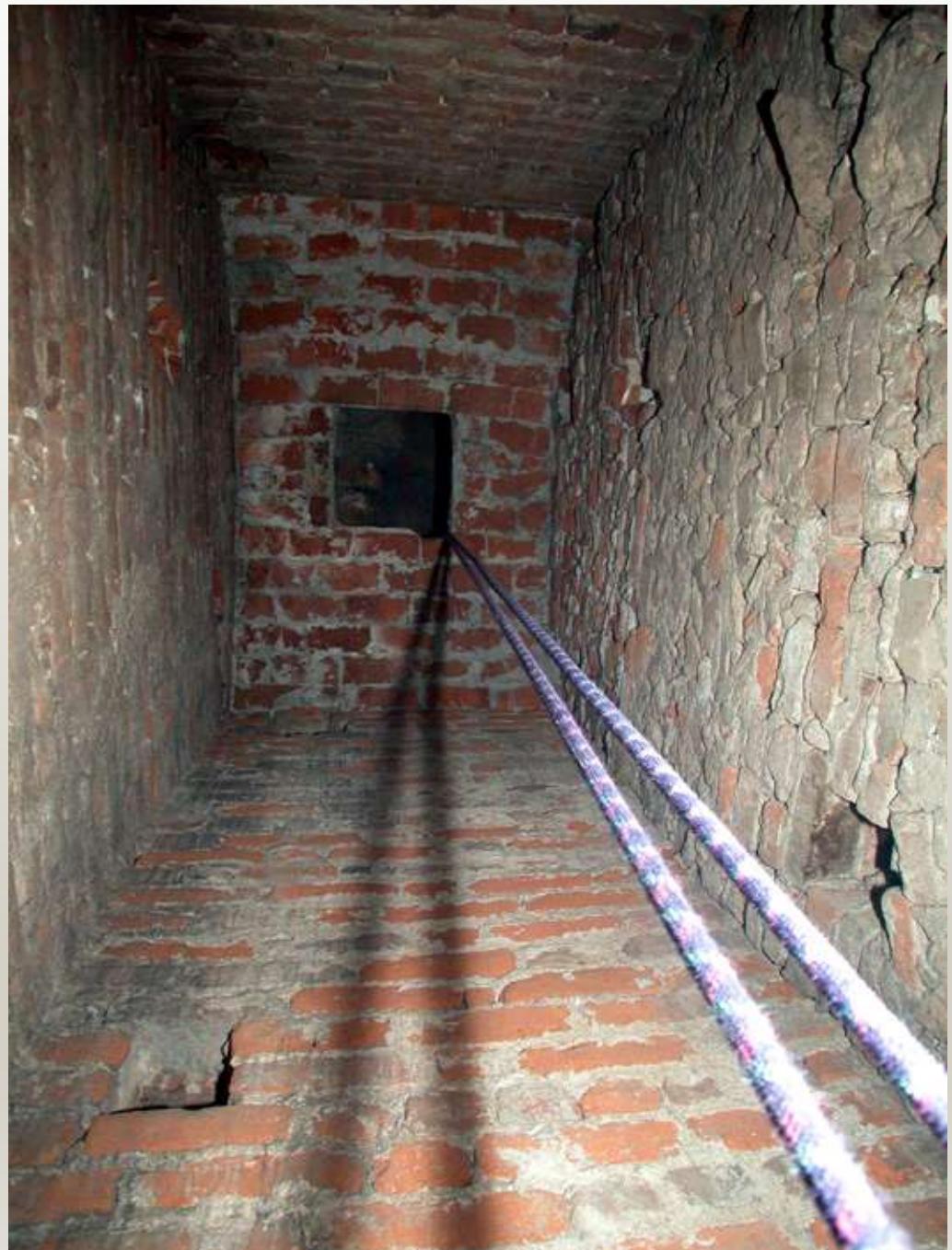
SAN FEDELE, MILANO





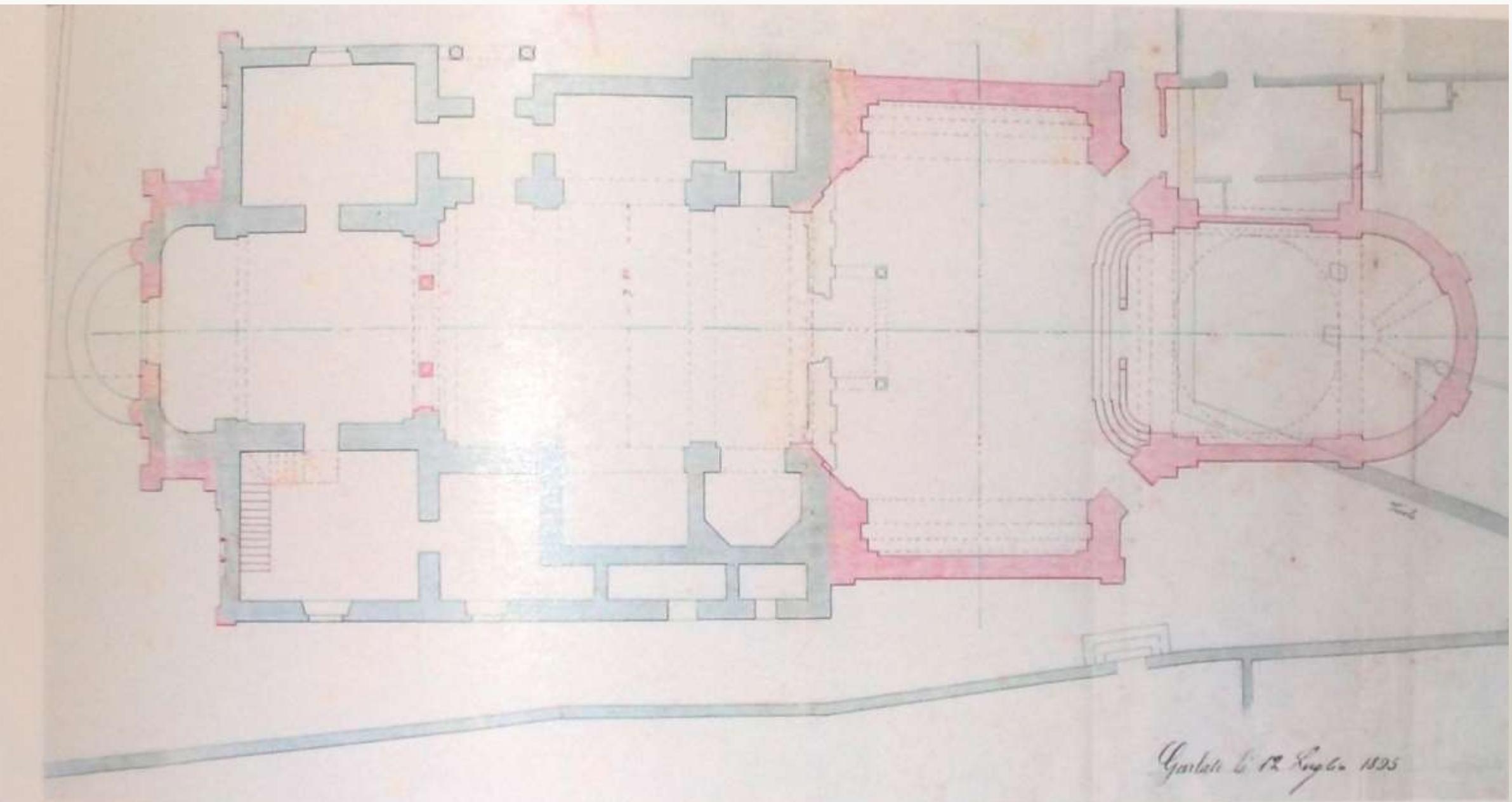
Sezione longitudinale , anni '91-'92,  
Rilevo eseguito da alunni del  
Politecnico di Milano, prof. Della Torre.  
Tratto da «S. Della Torre, R. Schofield»,  
Pellegrino Tibaldi architetto e il  
S. Fedele a Milano.-invenzione e  
costruzione di uno spazio.

## SAN FEDELE, MILANO





GARLATE,  
SCAVI



Garlate 6 luglio 1895

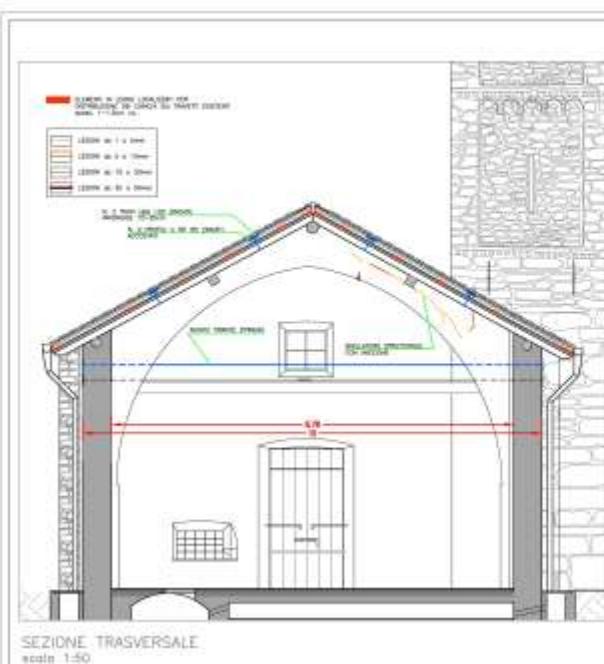
81 | 12 luglio 1895 - Progetto di ampliamento della chiesa di S. Stefano dell'ing. Ambrogio Bruni (Archivio Parrocchiale, Garlate).



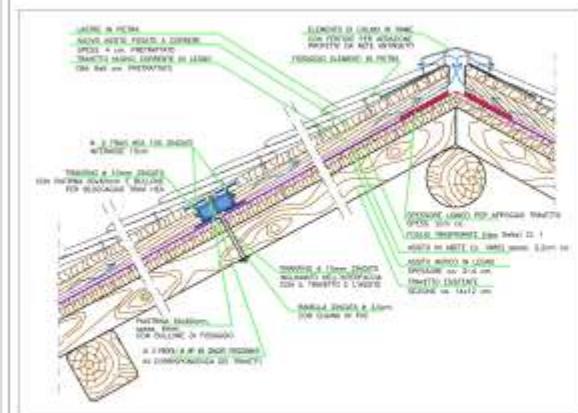
«...da un problema iniziale (la cappellina) è nata la necessità di una verifica di tutto il complesso monumentale...»



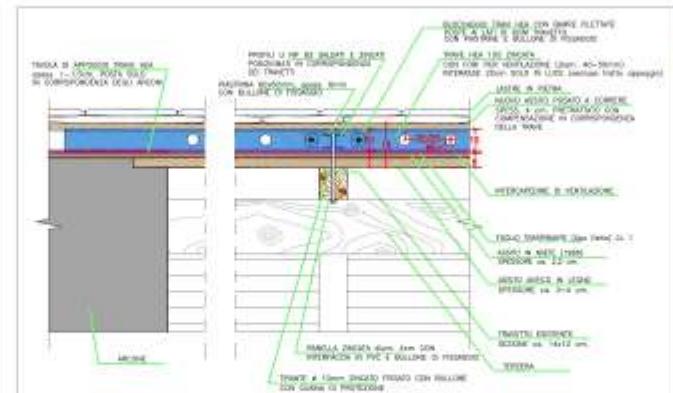
SANT'ALESSANDRO LASNIGO,  
SCAVI



SEZIONE TRASVERSALE



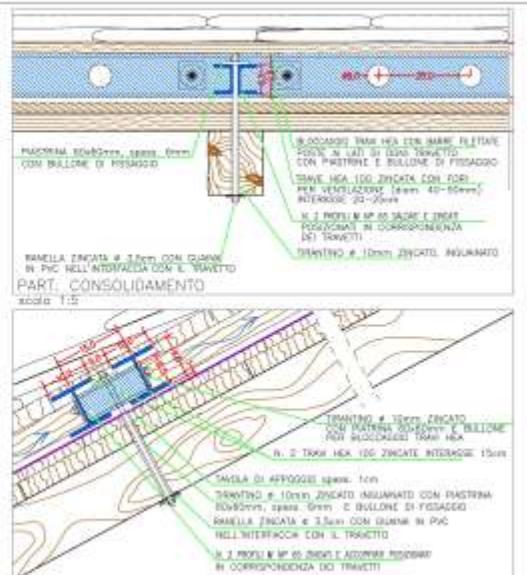
PARTICOLORE SEZIONE TRASVERSALE



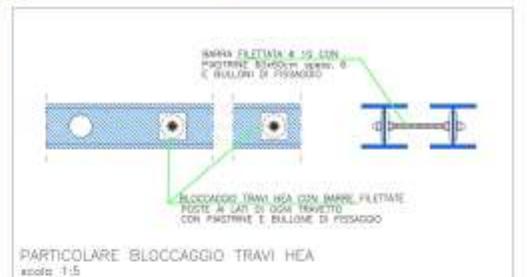
PIANTA COPERTURA AULICA  
anno 1550



N.B.: LUNGHEZZA FUTRELLE  
DA VERIFICARE IN CANTIERE



**PART. CONSOLIDAMENTO**



PARTICOLARE BLOCCAGGIO TRAVI HEA  
scala 1:5

## CASELLARIO

- e. B HEE 100 lunghe 4.000mm senza  
pedali e freni, con 10cm di spazio  
- e. B HEE 100 lunghe 4.150mm \*
  - e. B HEU 100 lunghe 3.800mm \*
  - m. 33 LI MP 65 lunghe 150mm,  
pedali e freni, con 10cm di spazio
  - m. 33 brividi, prezzo € 18 con relative speditezze e  
tasse di dogana
  - m. 65 brividi flessibili con rotelle posteriori 800mm  
spese, fare 24 per ogni borsa) e baulini di fissaggio

#### **MISURE DI VERIFICA DIRETTAMENTE IN CANTIERE**





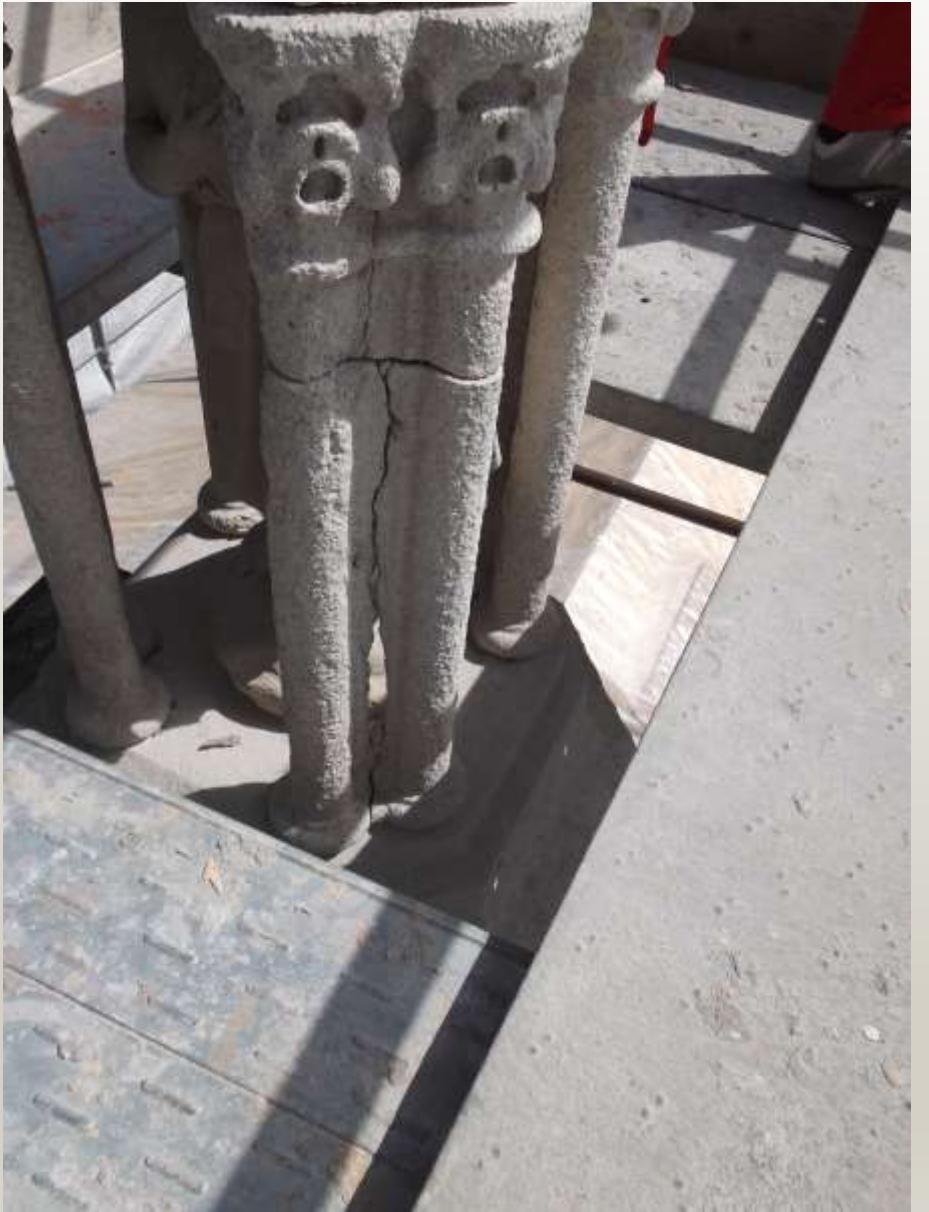
IMMAGINE ATTUALE



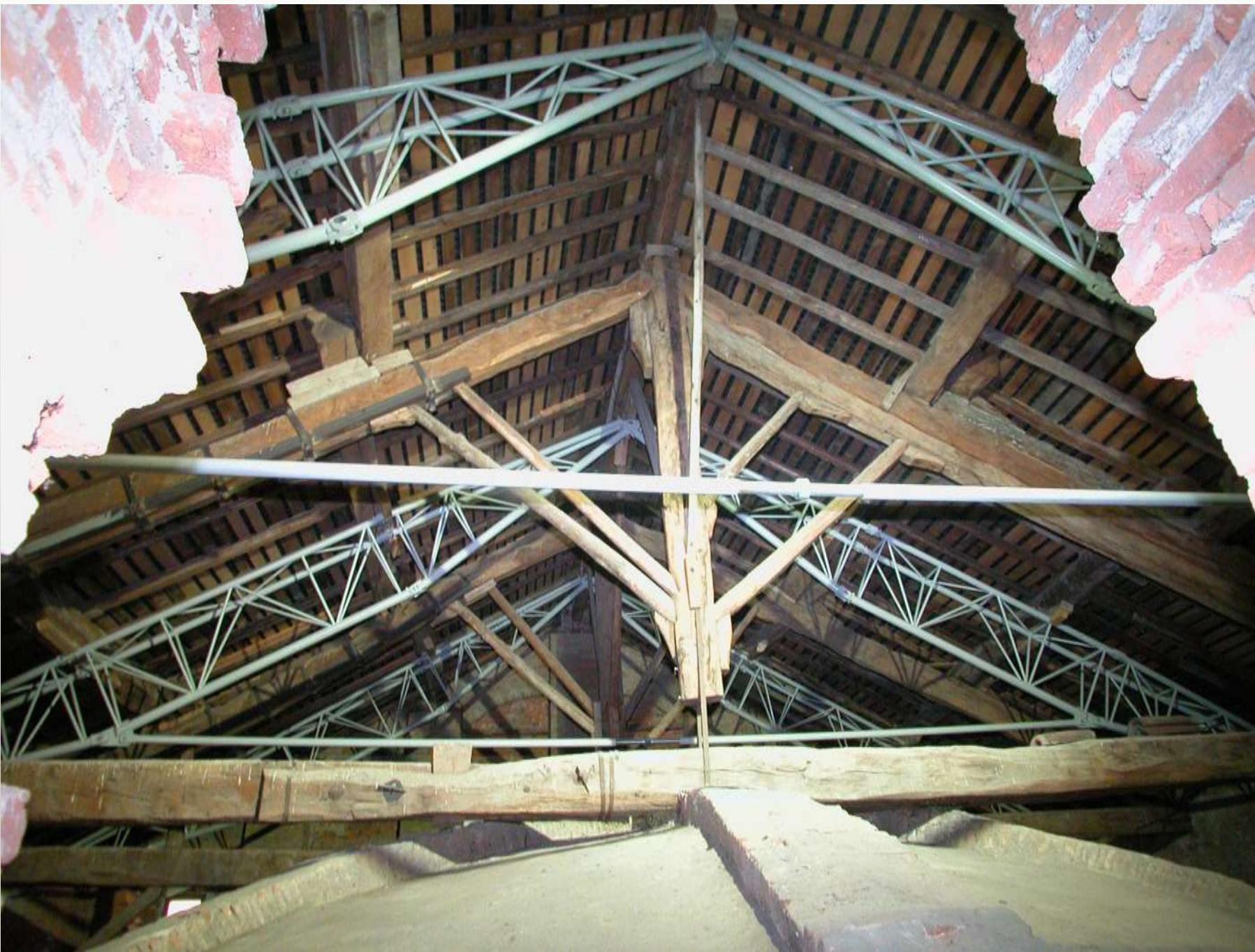
IMMAGINE STORICA

# Interventi locali













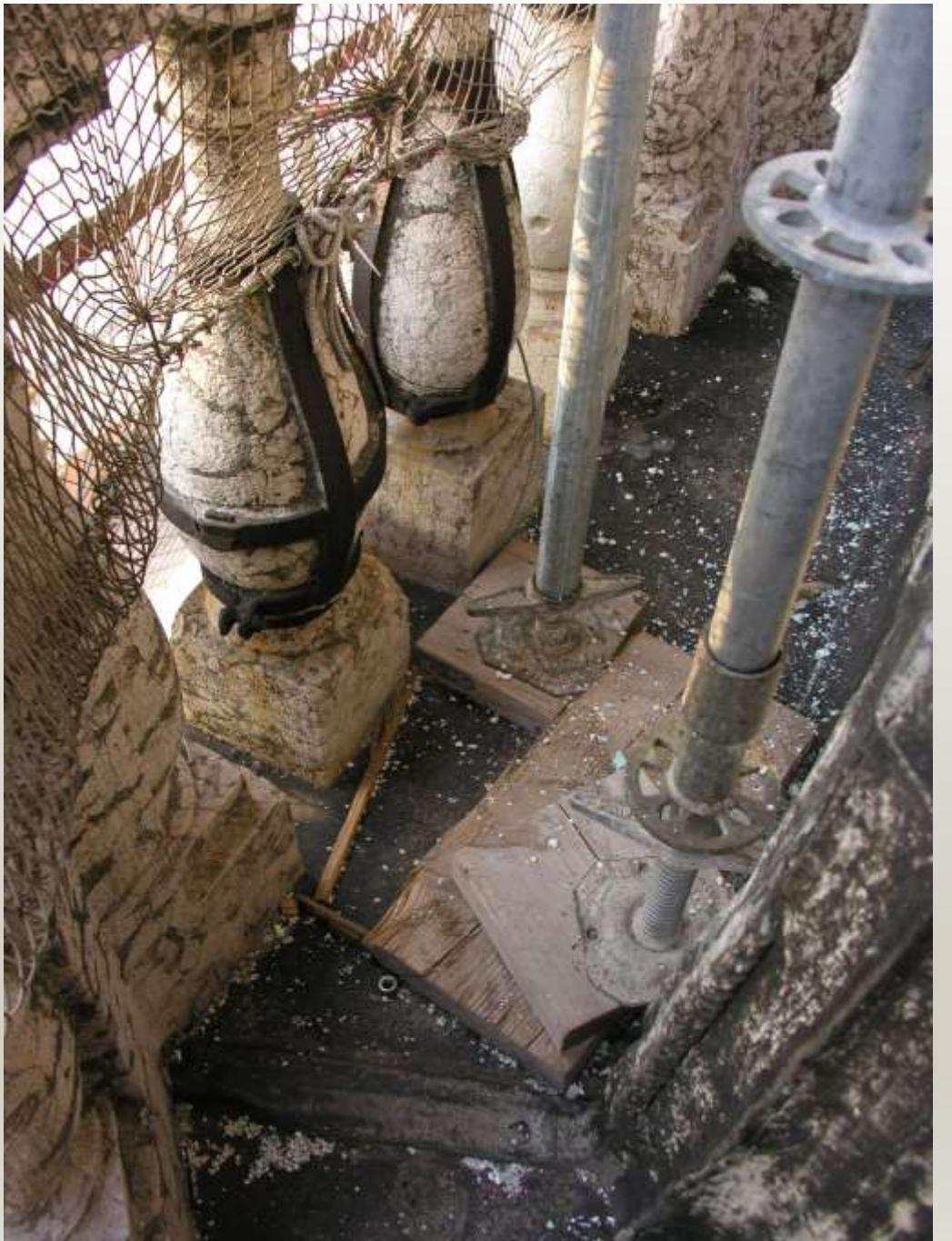








Rinforzo legno su legno

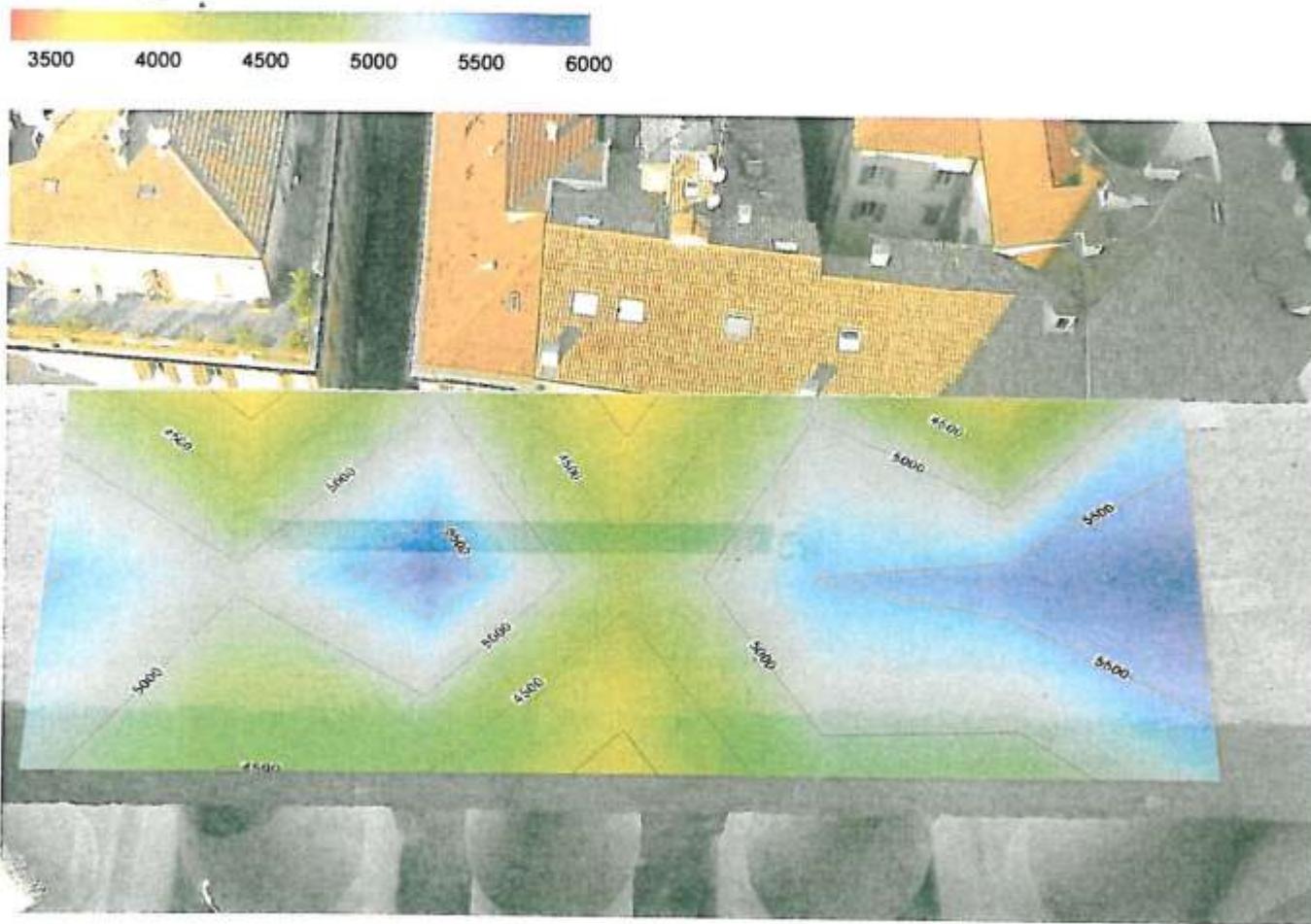


GHIRLANDINA , MODENA



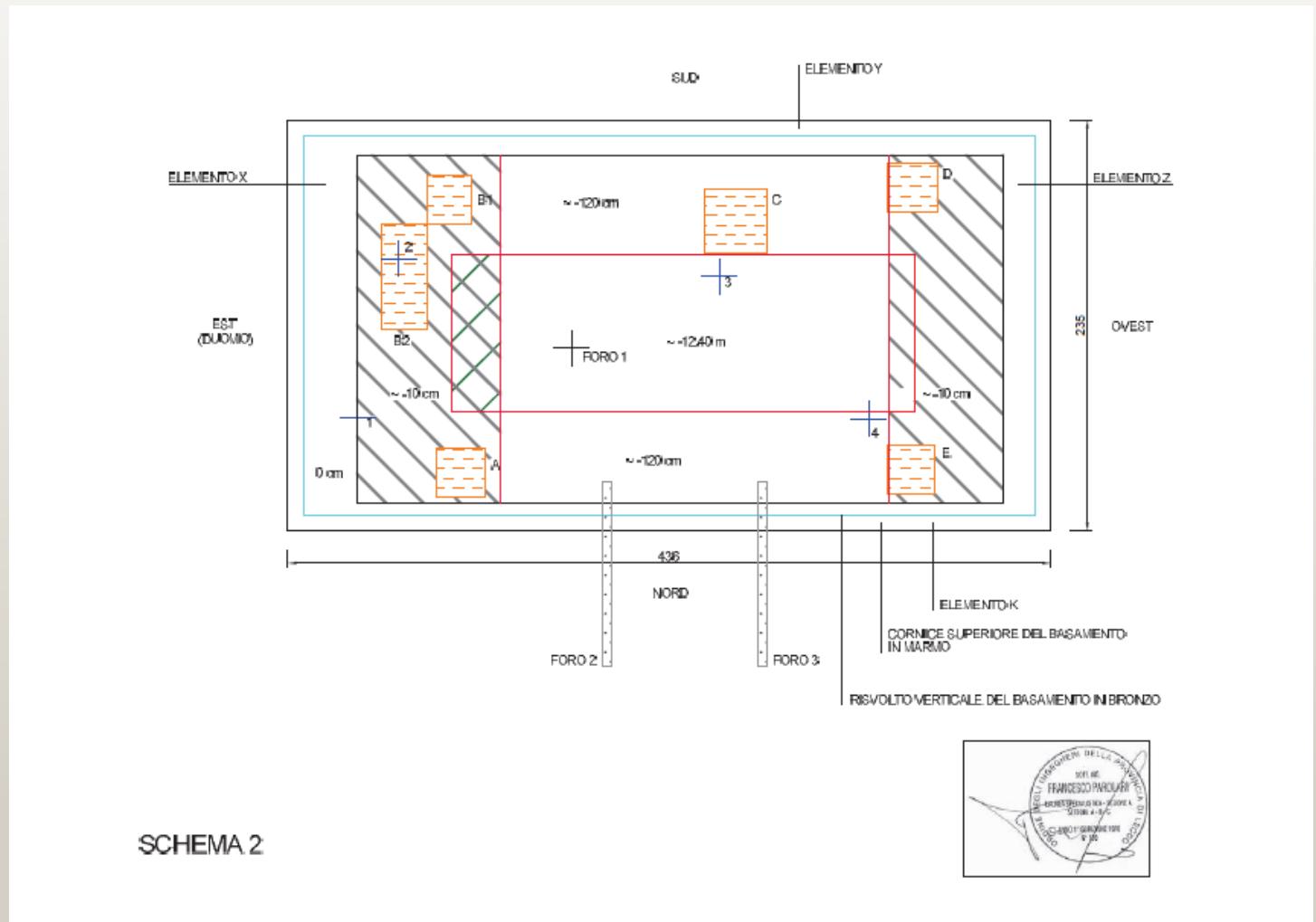
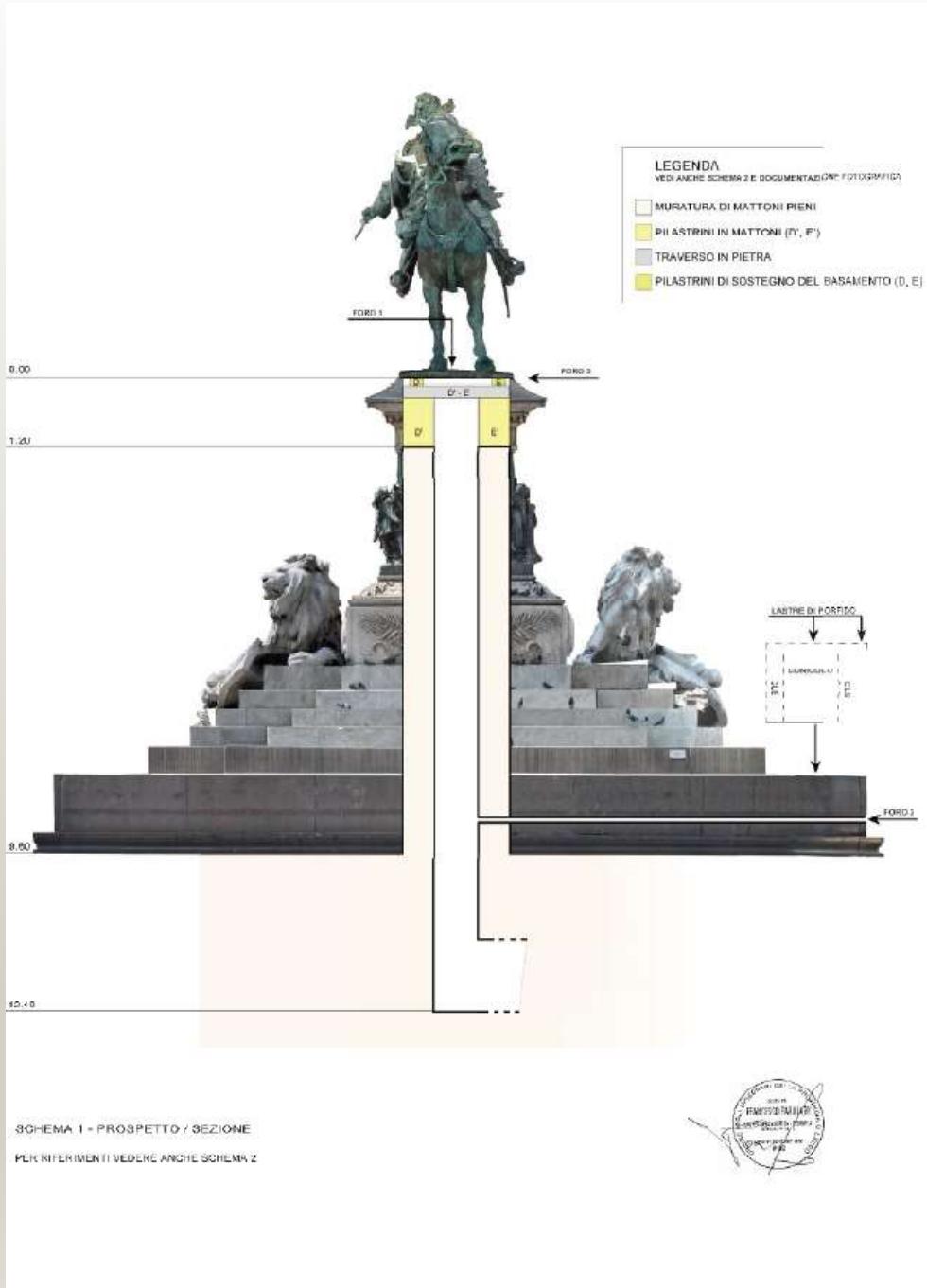


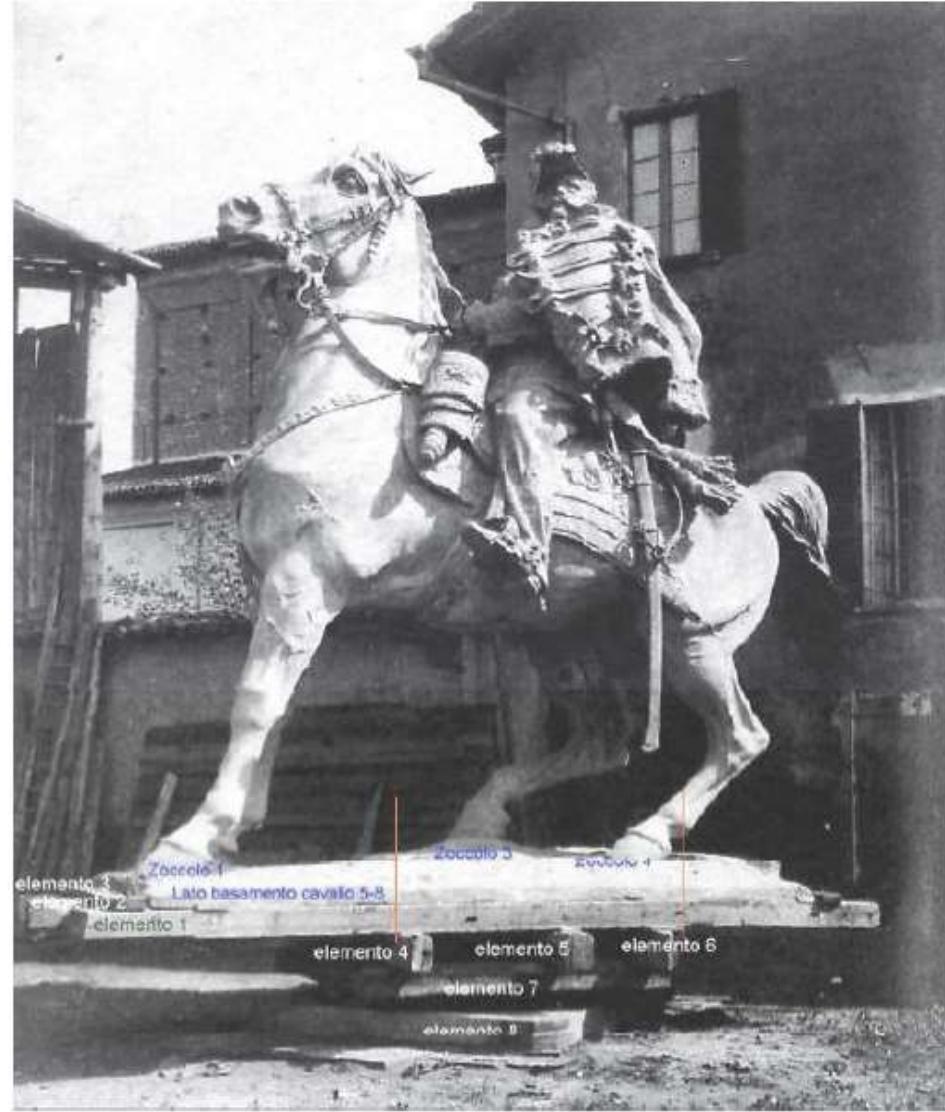
**Fig. 5 Analisi ultrasonica  
sulla cimasa restaurata.  
Ultrasonic analyses  
on the restored moulding.**



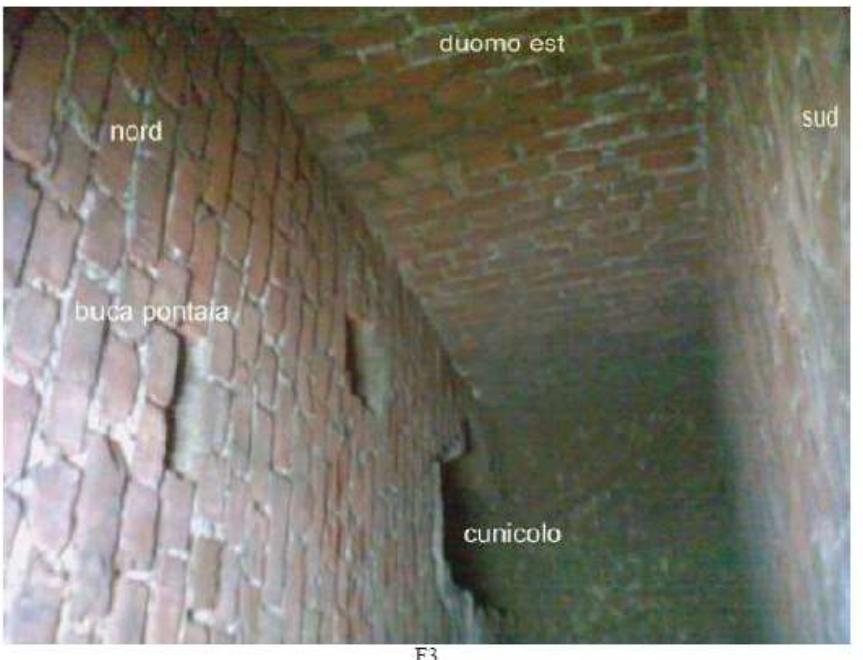
DALL'OSSERVAZIONE DI UN' ANOMALIA,  
INDAGINI PER UN RILIEVO



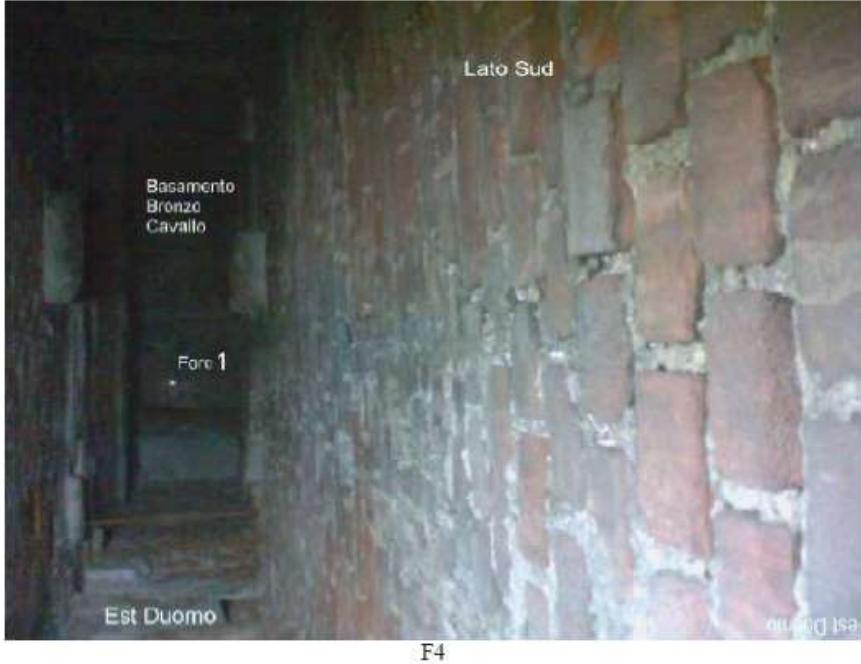




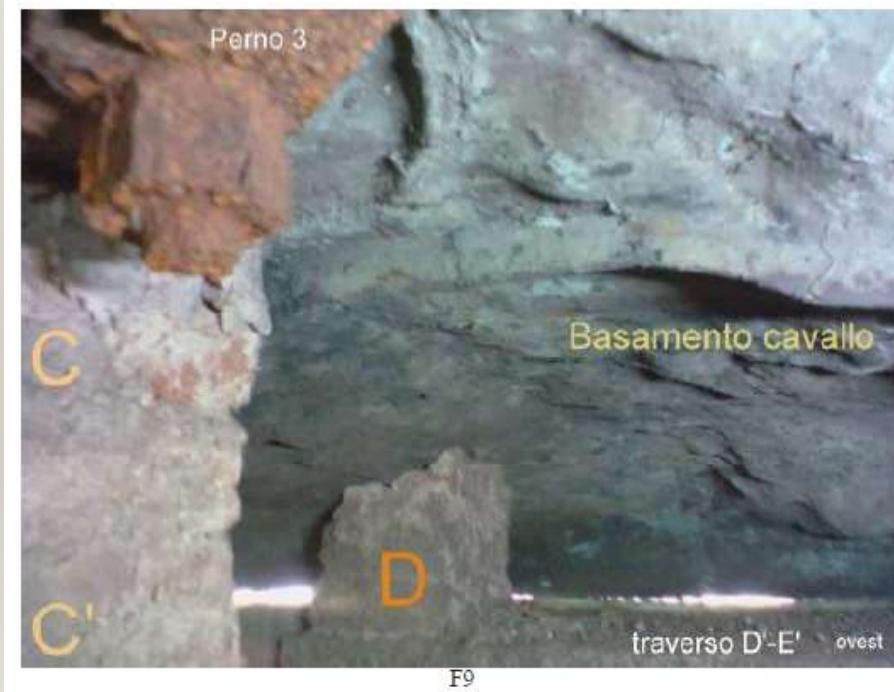
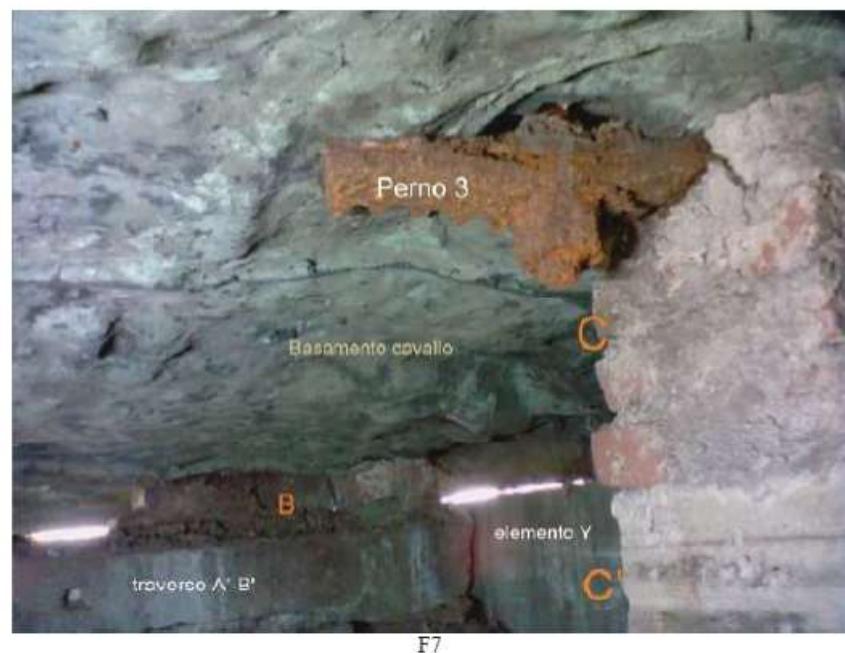
F1 - FOTO STORICA



2



3



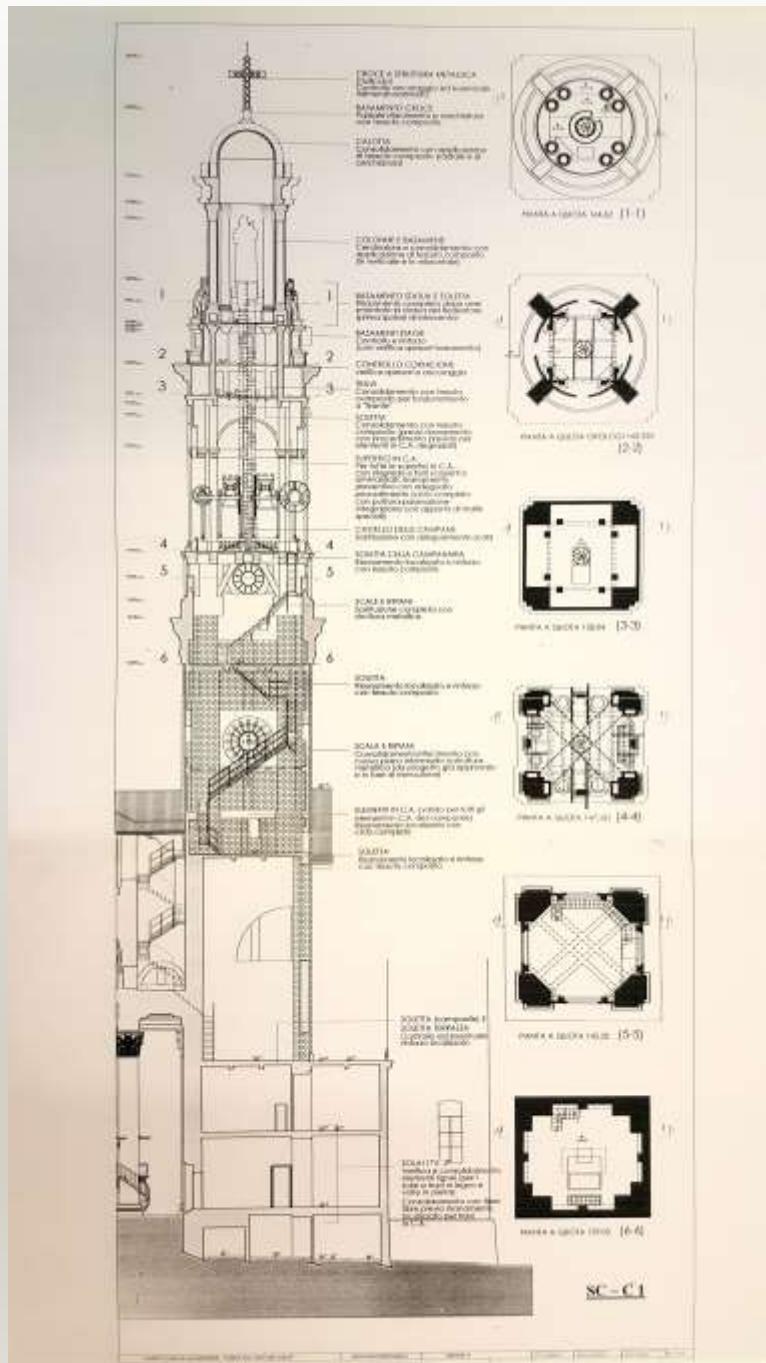
esempio di un intervento  
SULL'INTERA STRUTTURA:

VALMADRERA 2001-2016



arch. Roberto Spreafico  
arch. Piercarlo Suzani  
ing. Francesco Parolari



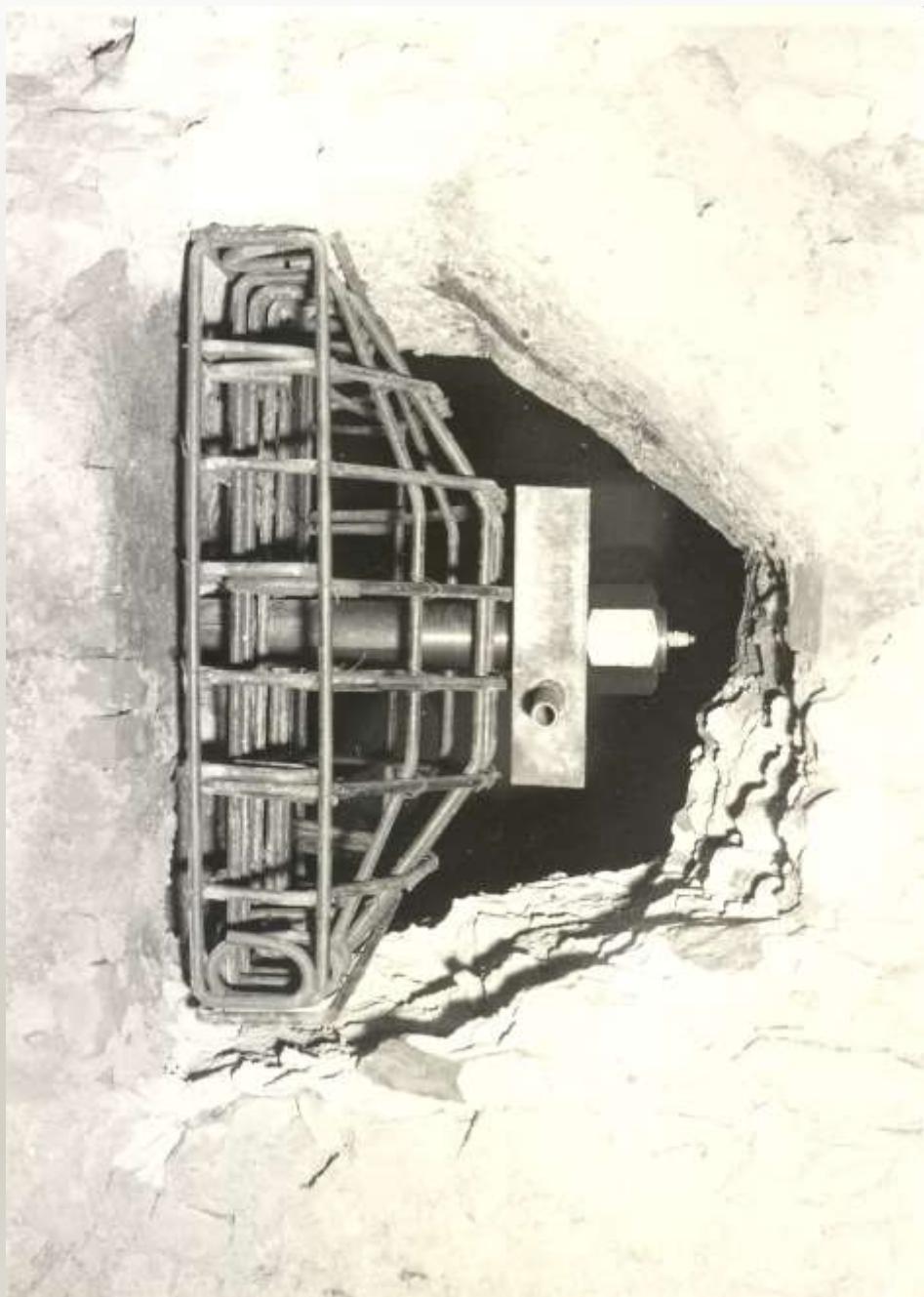
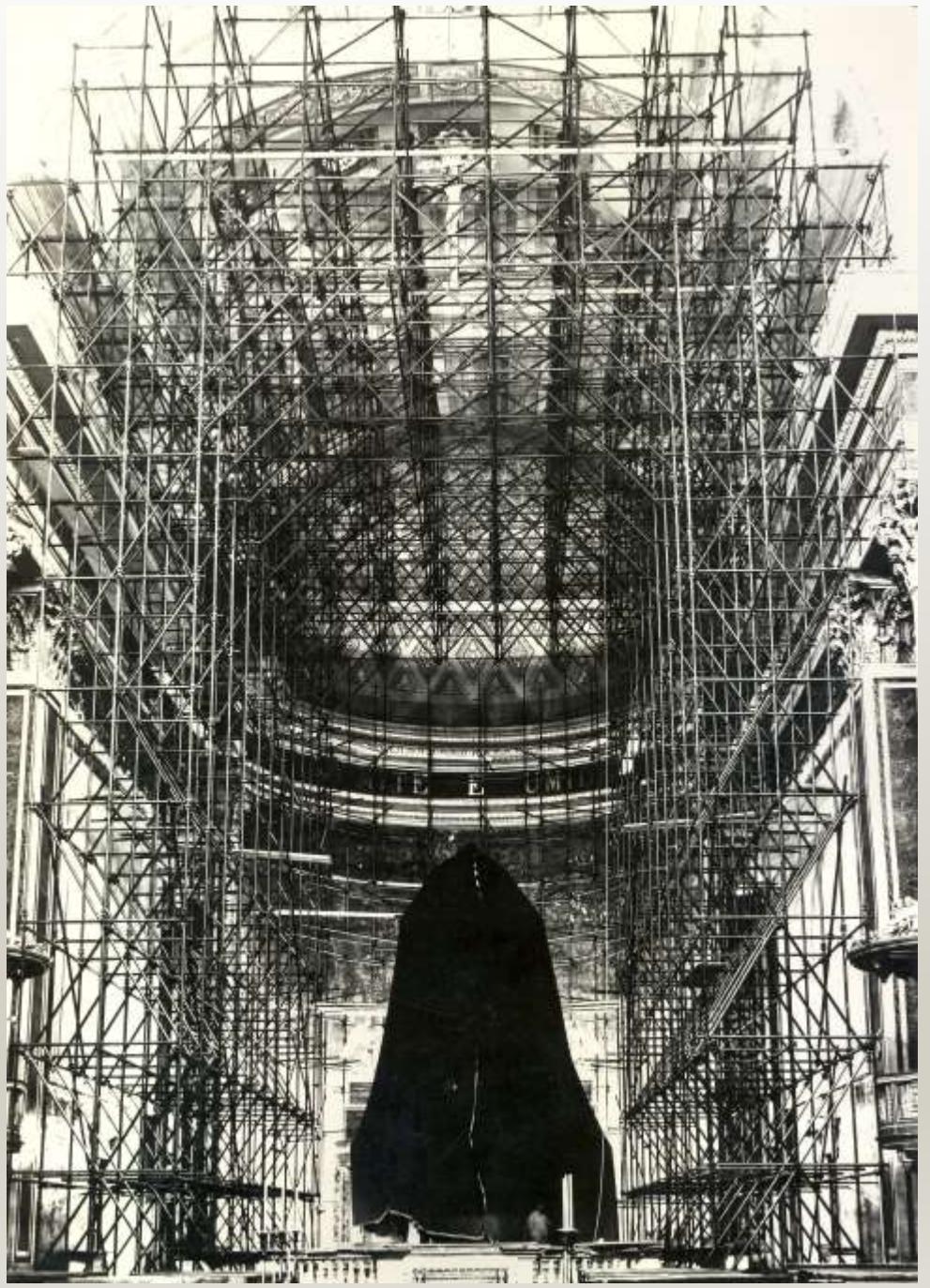






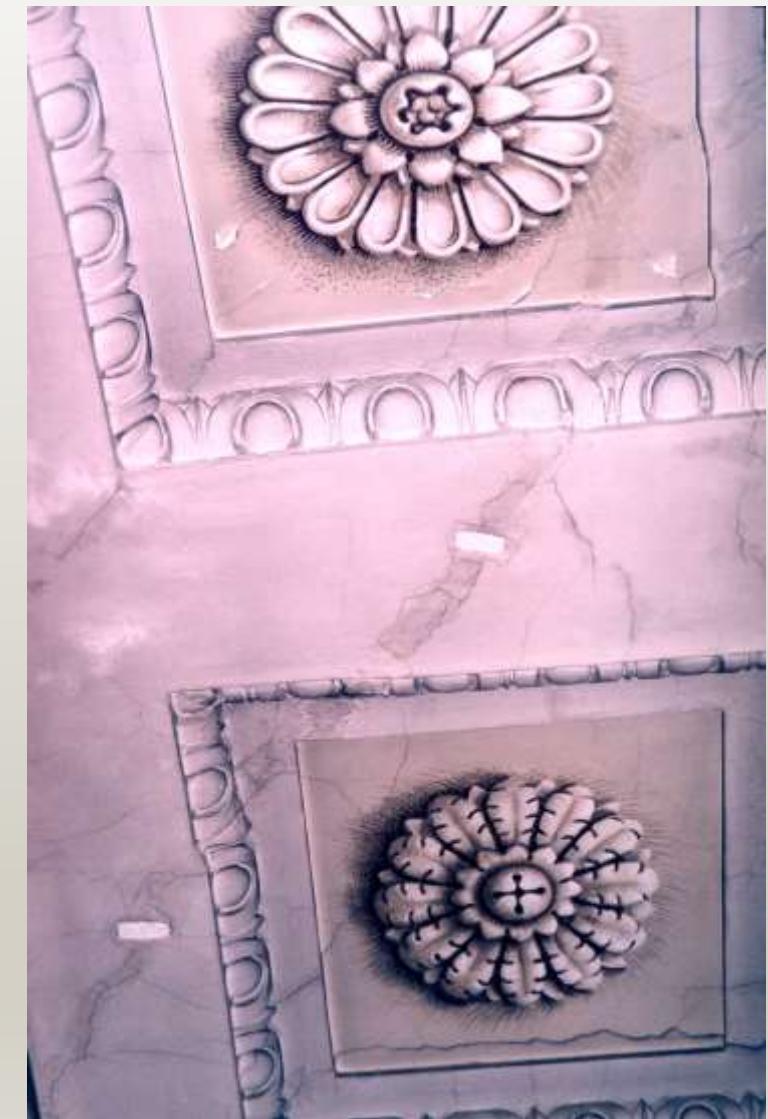
Valmadrera  
intervento  
chiesa anni '60





# Chiesa, stato di fatto









RINFORZO  
TETTO,  
anno 2010

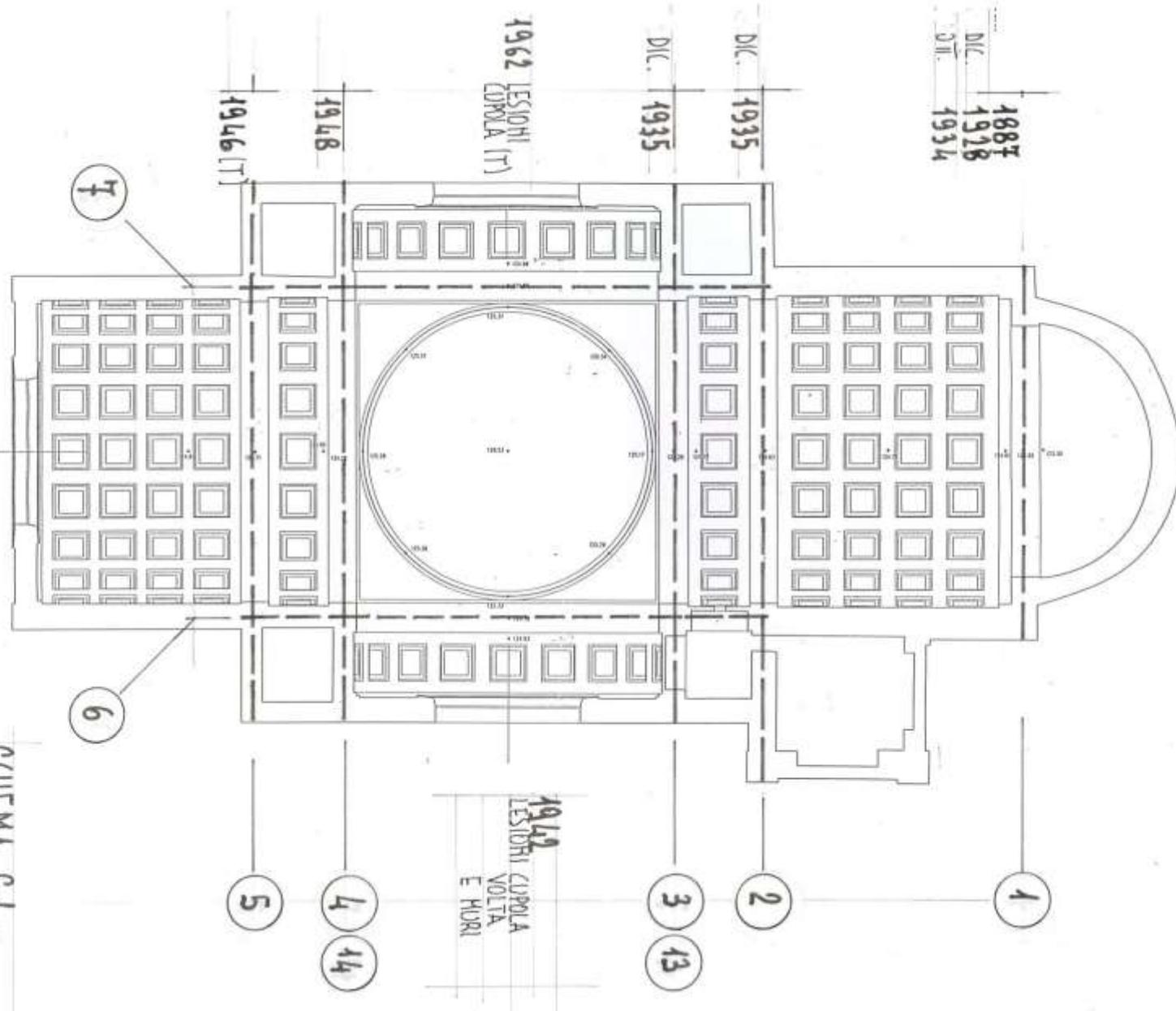
CAPRIATA  
ORIGINARIA

RINFORZO IN C.A.  
ANNI '30

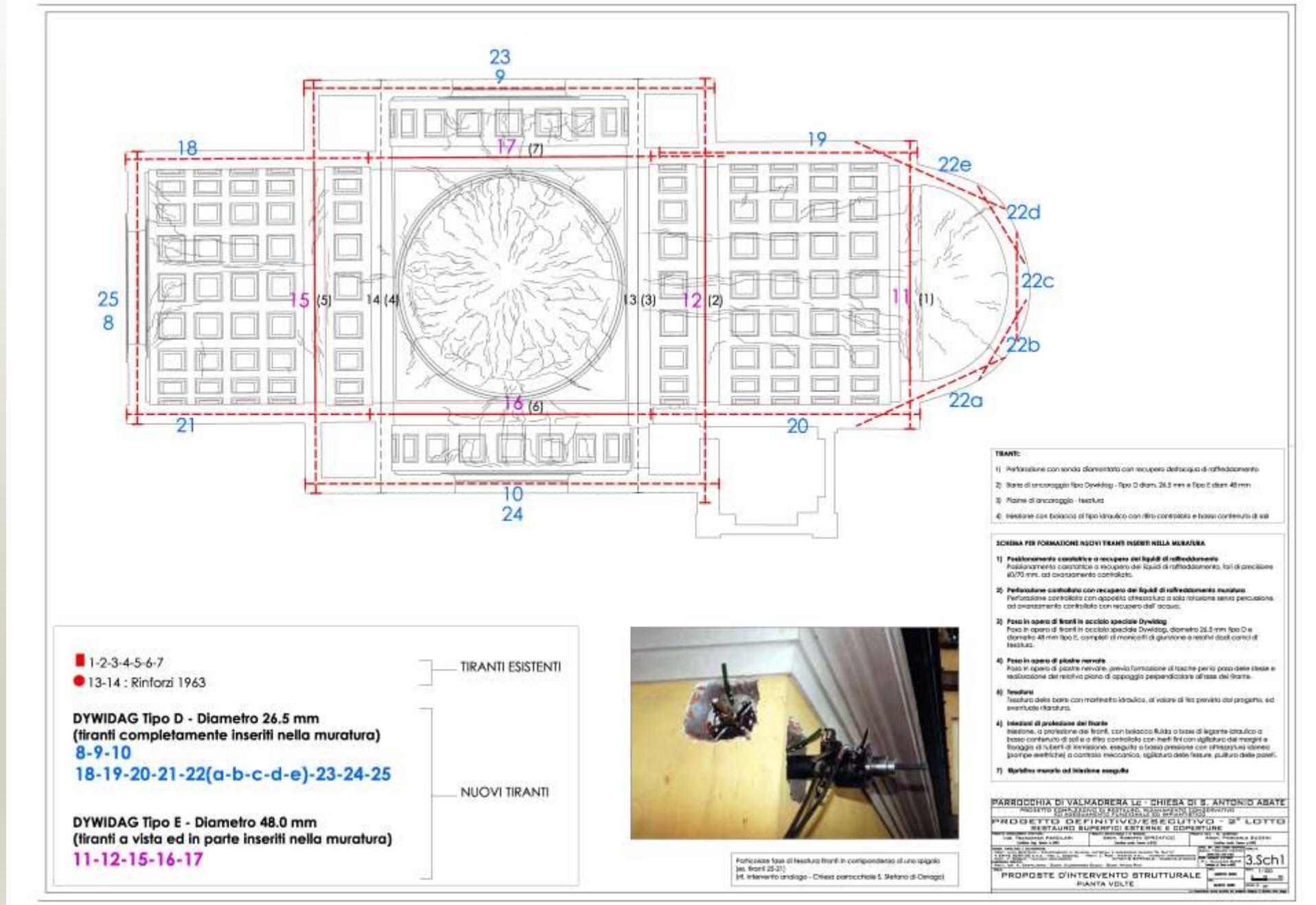


SCHEMA S1  
POSIZIONE TIRANTI E  
DATE DELLE ROTURE

(1) SICURA TERRE MOTO  
(13 e 14) TIRANTI A 400 MM (INTERVENTO 1964)

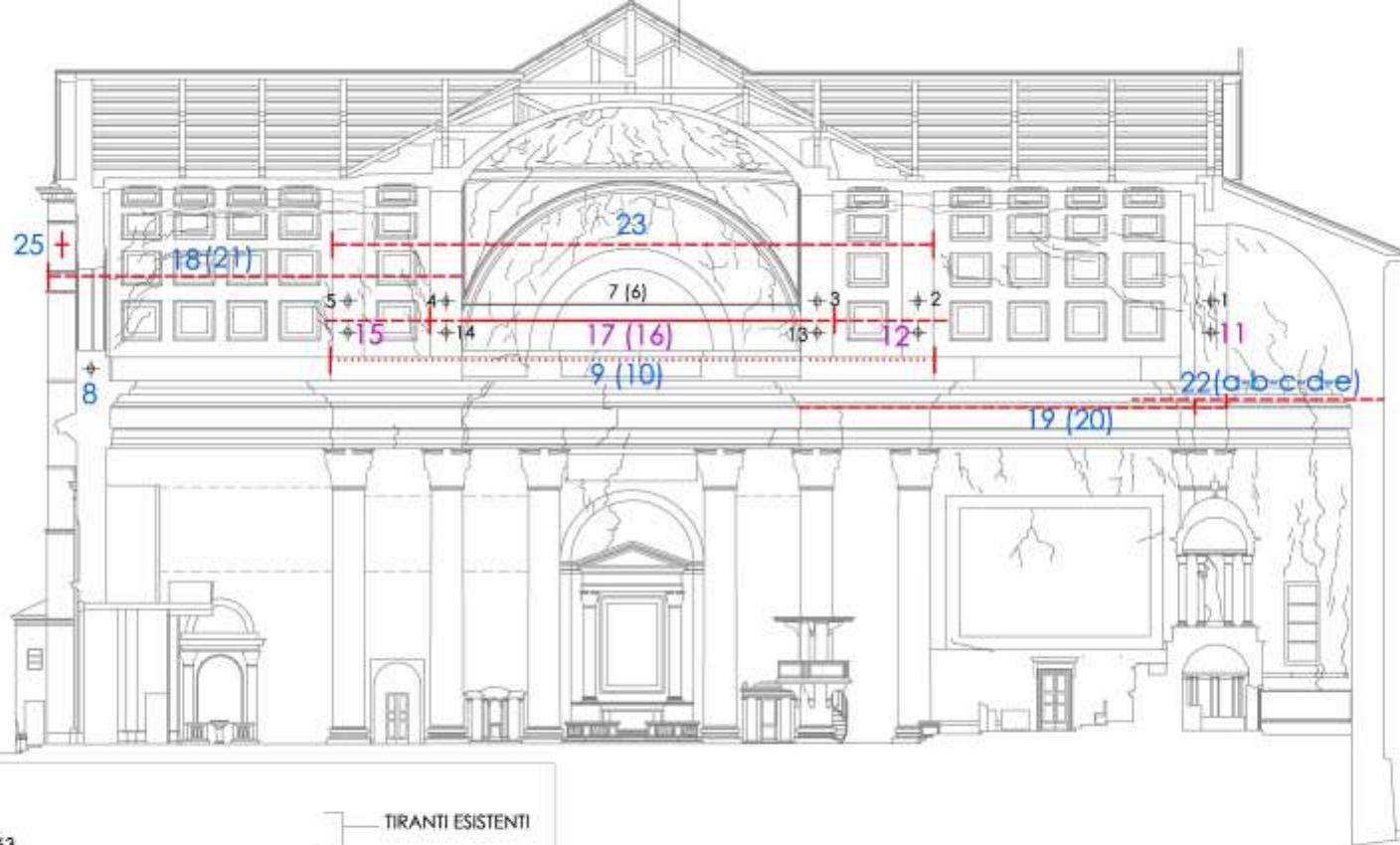


# Chiesa, stralcio progetto intervento



STRUTTURA PRIMARIA DI COPERTURA - RINFORZI:

- CON ELEMENTI METALLICI
- CON INTEGRAZIONI LIGNEE



■ 1-2-3-4-5-6-7

● 13-14 : Rinforzi 1963

TIRANTI ESISTENTI

DYWIDAG Tipo D - Diametro 26.5 mm  
(tiranti completamente inseriti nella muratura)

**8-9-10**

**18-19-20-21-22(a-b-c-d-e)-23-24-25**

NUOVI TIRANTI

DYWIDAG Tipo E - Diametro 48.0 mm  
(tiranti a vista ed in parte inseriti nella muratura)

**11-12-15-16-17**

PARROCCHIA DI VALMADRERA LE - CHIESA DI S. ANTONIO ABATE

PROGETTO DEFINITIVO DI SICUREZZA - 2° LOTTO

REINFORZO STRUTTURALE E CONSOLIDAMENTO

DETERMINAZIONI PROGETTUALI

INFORMATIVA TECNICO-CONTRACTUALE

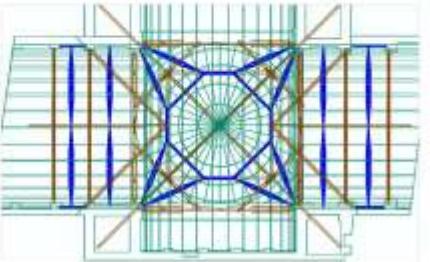
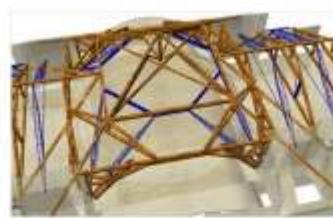
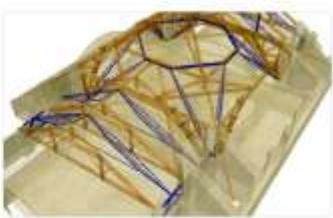
PROGETTO DI ESECUZIONE

INFORMATIVA TECNICO-CONTRACTUALE

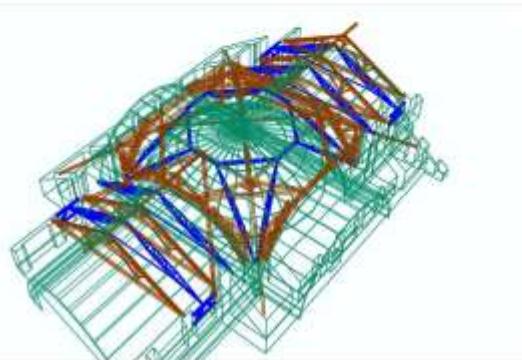
3.Sch2

PROPOSTE D'INTERVENTO STRUTTURALE

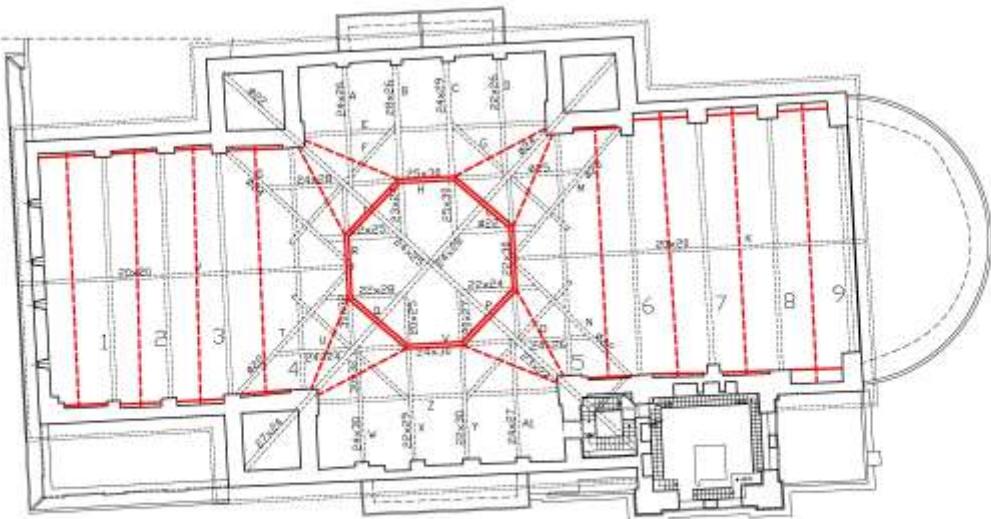
SEZIONE A-A



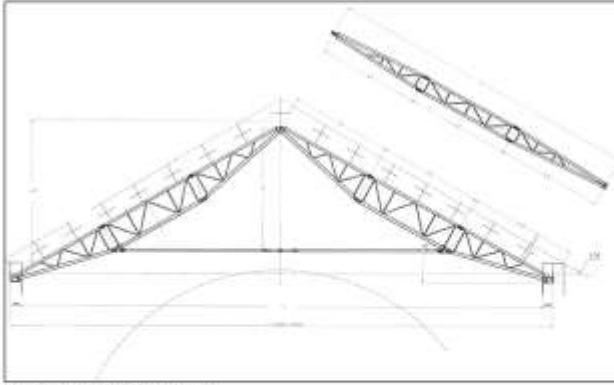
SIMULAZIONI 3D DELL'INTERVENTO



INTERVENTO ANALOGO  
GIA' REALIZZATO NEL CHIESA PAR. S. STEFANO DI CANAGO



PIANTA ORDITURA DELLA COPERTURA CON RINFORZO



SCHEMA CAPRIATA DI RINFORZO

LEGENDA

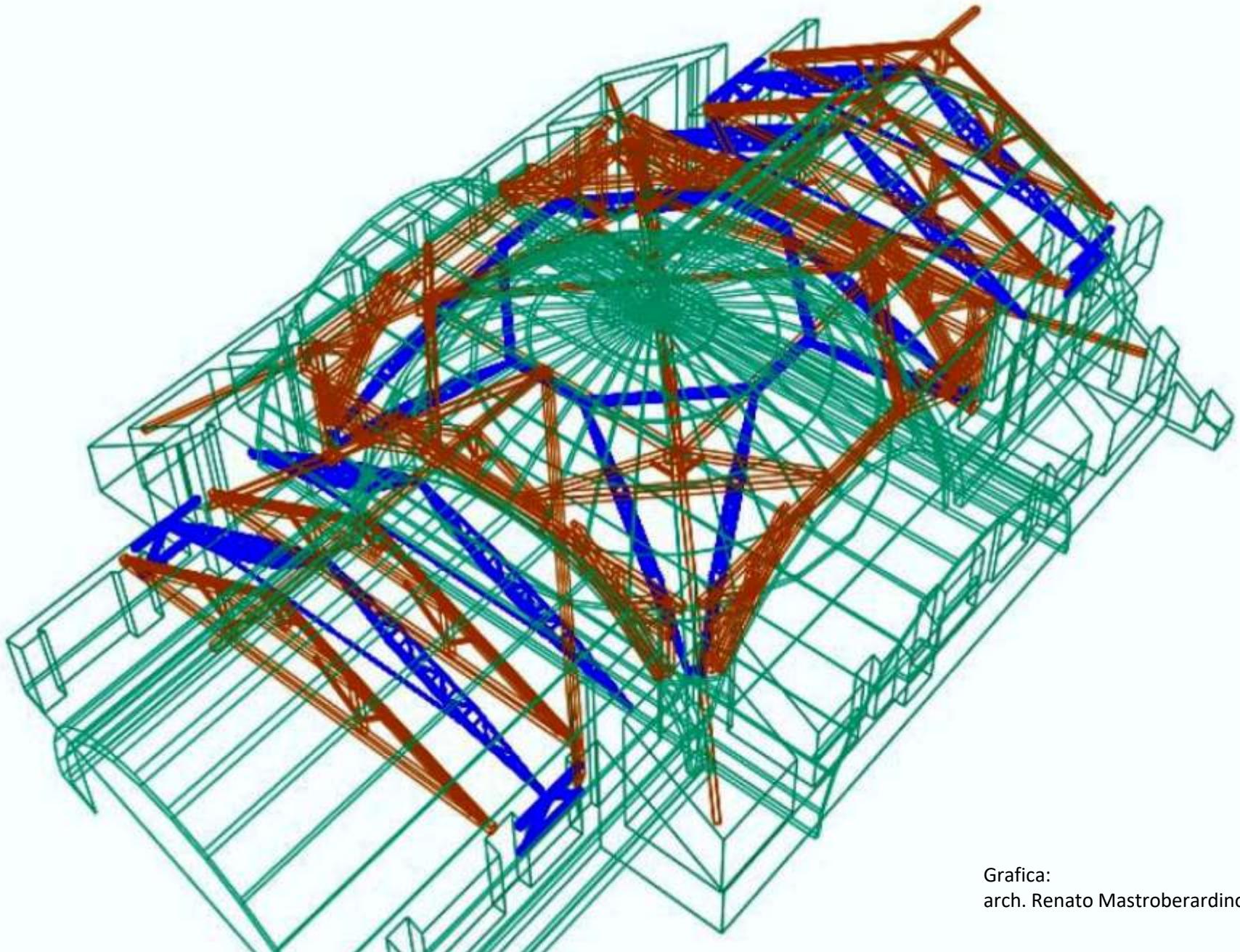
— Copriore

— Anello di collegamento  
profilo metallico (1x1 UNI 100)

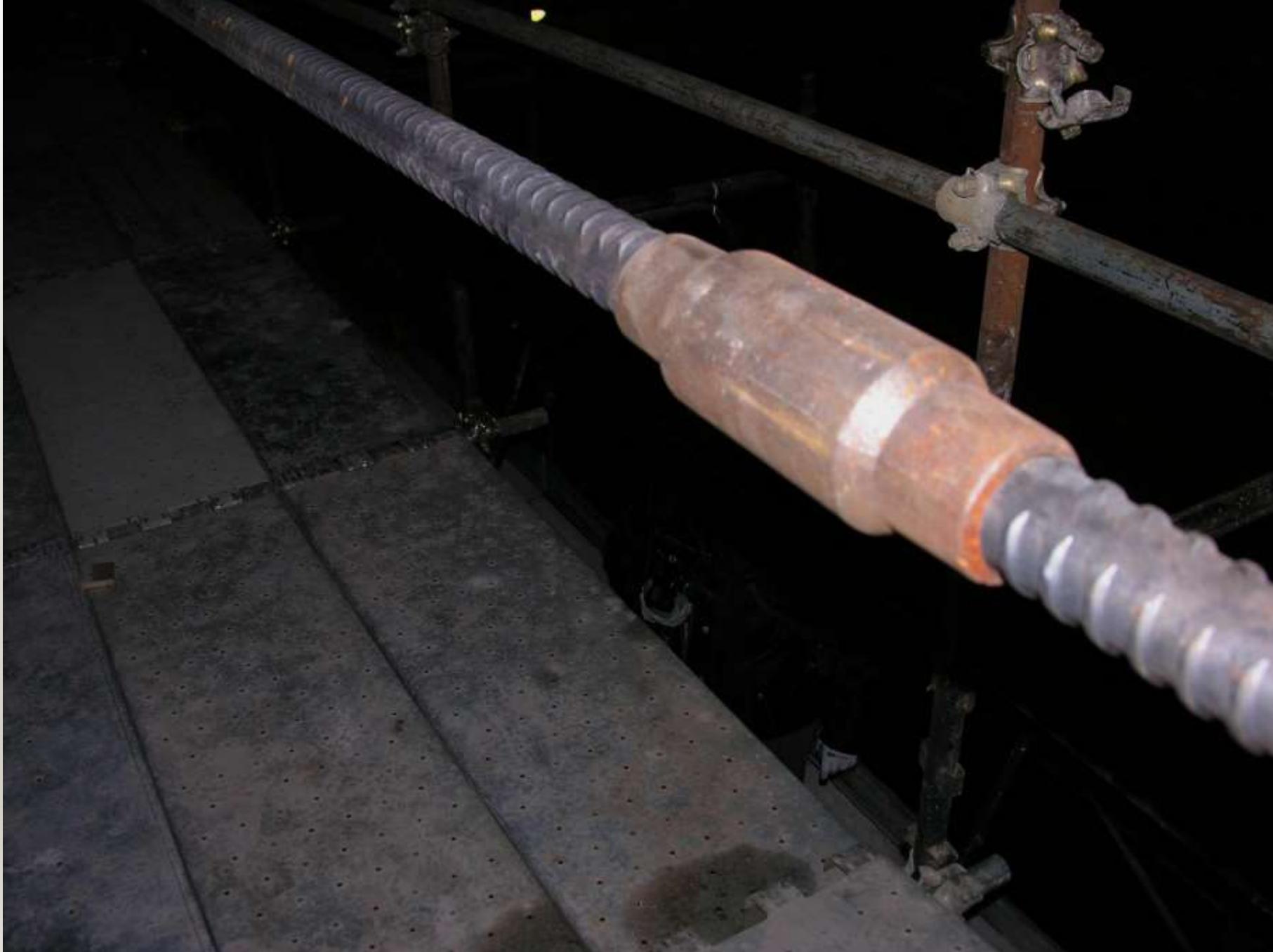
— Puntori

PROGETTO DI VALUTAZIONE L2 - CHIESA DI S. ANDREA APRE
VALUTAZIONE DI SICUREZZA DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA STRUTTURA ESTRADA CANTIERE
PROGETTO DI VALUTAZIONE L2 - CHIESA DI S. ANDREA APRE
VALUTAZIONE DI SICUREZZA DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA STRUTTURA ESTRADA CANTIERE

3.5sch3  
PROPOSTE DI INTERVENTO  
SISTEMA STRUTTURA SOTTERRANEO



Grafica:  
arch. Renato Mastroberardino







TIRANTE 2





PROVA 0852/CO

18/10/2001



10.10.2013

TABELLA DI CALCOLO DELLE TENSIONI IN TIRANTI A SEZIONE RETTANGOLARE  
E CIRCOLARI

## INPUT (R.I.)

E (daN/cmq) 2100000  
 P.Sp. (daN/cmq) 0,0079  
 A.Grav. (cm/sec<sup>2</sup>) 981,0

Tirante n°	Base (cm)	Alt. (cm)	Luce (cm)	F1 (Hz)	S2(daN)	T.(daN/cmq)
1	3,00	9,00	1160	5,76	38319	1419
			1180		39673	1469
2	3,00	10,00	1446	0,77	969	32
			1466		1008	34
3	3,00	10,00	1432	5,05	50053	1668
			1452		51474	1716
4	3,00	10,00	1432	4,83	45768	1526
			1452		47068	1569
5	2,80	4,80	1424	3,66	11610	864
			1444		11944	889
6	2,80	7,30	1424	5,37	38169	1867
			1444		39256	1921
7	2,90	7,20	1424	5,13	35561	1703
			1444		36575	1752

Tirante n°	Diam. ( cm)	sez. (cm)	Luce (cm)	F (Hz)	S2(daN)	(daN/cmq)
13	10,00	78,54	1500	3,38	64702	824
			1520		66439	846
			1540		68199	868
14	10,00	78,54	1500	2,86	46325	590
			1520		47569	606
			1540		48829	622

Legenda:

F1= frequenza

S1= forza

T= sollecitazione

Note: le dimensioni delle sezioni sono da considerarsi come valori medi tra quelli rilevati.

CASO DI TIRANTE TONDO										
TIRANTE	L	D	f	S	J	$\lambda$	Tt <sub>1</sub>	$\sigma$	Tt <sub>2</sub>	$\sigma$
N	cm	cm	Hz	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>		kN	MPa	kN	MPa
11 vicino appoggio 2,10 m	1250,0	4,8	4,5	18,1	26,0	260	183,2	101,3	179,7	99,4
12 vicino appoggio 2,57 m	1500,0	4,8	4,7	18,1	26,0	313	287,7	159,1	285,3	157,8

CASO DI TIRANTE RETTANGOLARE "B" base lato ortogonale alla direzione della vibrazione										
TIRANTE	L	B	H	f	J	$\gamma$	Tt <sub>1</sub>	$\sigma$	Tt <sub>2</sub>	$\sigma$
N	cm	cm	cm	Hz	cm <sup>4</sup>		kN	MPa	kN	MPa
1 mezzeria	1160,0	9,0	3,0	5,4	20,3	129	339,1	125,6	336,0	124,4
	1180,0	9,0	3,0	5,4	20,3	131	350,9	130,0	347,9	128,8
1 vicino appoggio 1,57 m	1160,0	9,0	3,0	5,4	20,3	129	339,1	125,6	336,0	124,4
	1180,0	9,0	3,0	5,4	20,3	131	350,9	130,0	347,9	128,8
2 vicino appoggio 2,10 m	1460,0	10,0	3,0	3,0	22,5	146	184,2	61,4	182,0	60,7
	1466,0	10,0	3,0	3,0	22,5	147	185,7	61,9	183,6	61,2
2 mezzeria	1460,0	10,0	3,0	3,0	22,5	146	184,2	61,4	182,0	60,7
	1466,0	10,0	3,0	3,0	22,5	147	185,7	61,9	183,6	61,2

Sono stati indagati i tiranti 1, 2, 11, 12 (le catene con due cifre sono quelle inferiori).

