



Committente

Comune di Cernusco sul Naviglio

Via Tizzoni, 2
20063 Cernusco sul Naviglio (MI)

Progetto

Villa Alari
in Cernusco sul Naviglio

Fase

VALUTAZIONI TECNICHE

Oggetto

RELAZIONE SULLA STATICITA' DELL'EDIFICIO

Tav.

A Sez. STR
Rif.: B101\22 Staticità\01 Relazione statica.docx

Data

29/12/2014

Scala

-

Elaborato

G.P.

Controllato

P.B.

Progettisti

Pietro Brianza ingegnere

Referente commessa

Luca Pietta architetto

Revisione

n. data: elaborato: controllato:
Rif.:

PIETRO BRIANZA Ingegnere



25128 Brescia
via Monte Grappa, 20
tel 030 383398
fax 030 3388532
tecnico@ProgettoB20.it



0. SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. OBIETTIVI	3
3. SICUREZZA E PRESTAZIONI	3
3.1. PRINCIPI FONDAMENTALI	3
3.2. CRITERI GENERALI	4
3.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	4
4. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	5
4.1. Caratteristiche generali	5
4.2. Sviluppo storico	5
4.3. Stato attuale	5
5. STATO DI FATTO - ANALISI DEL DEGRADO	5
5.1. Murature	5
5.1.1. Caratteristiche costruttive e materiche.....	5
5.1.2. Analisi del degrado.....	6
5.2. Solai e volte	7
5.2.1. Caratteristiche costruttive e materiche.....	7
5.2.2. Analisi del degrado.....	7
5.3. Esterni.....	7
5.3.1. Caratteristiche costruttive e materiche.....	7
5.3.2. Analisi del degrado.....	7
5.4. Copertura	8
5.4.1. Caratteristiche costruttive e materiche.....	8
5.4.2. Analisi del degrado.....	8
6. RILIEVO FOTOGRAFICO	8
7. SCHEMA STRUTTURALE	9
8. INDAGINI STORICHE E RILIEVO GEOMETRICO - STRUTTURALE	10
8.1. SOPRALLUOGHI	10
8.2. ANALISI STORICO - CRITICA	10
8.3. RILIEVO GEOMETRICO - STRUTTURALE	10
8.3.1. RILIEVI IN - SITU.....	10
8.3.2. INDAGINI IN - SITU	10
9. LE COSTRUZIONI STORICHE IN MURATURA	12
9.1. IL COMPORTAMENTO DELLE COSTRUZIONI STORICHE IN MURATURA	12
9.2. MECCANISMI LOCALI	13
10. IPOTESI DI INTERVENTO	13
10.1. GENERALITÀ	13
10.2. FINALITÀ	14
10.3. TECNICHE DI INTERVENTO	14
10.4. OPERE DI RIPRISTINO E RINFORZO DELLE MURATURE STORICHE	14
10.4.1. RISTILATURA PROFONDA DEI GIUNTI.....	15
10.4.2. INIEZIONI	15
10.4.3. RINFORZI CON RETI IN FIBRE	15
10.4.4. SCUCI E CUCI.....	15
10.4.5. CUCITURE ARMATE	15
10.5. INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI	16
11. CONCLUSIONI	17



11.1. RILIEVI GEOMETRICO-STRUTTURALI	17
11.2. MURATURA	17
11.3. ELEMENTI IN C.A.	17
11.4. CONDIZIONI GENERALI DELLA STRUTTURA	19
12. ALLEGATI	19
A. APPENDICE A - RILIEVO FOTOGRAFICO DEL SOTTOTETTO	20
B. APPENDICE B -RILIEVO FOTOGRAFICO DEI LOCALI INTERNI CON INDIVIDUAZIONE DEI QUADRI FESSURATIVI	24
B.1 Pianta del piano rialzato	25
<i>Sala 1A</i>	26
<i>Sala 1B</i>	27
<i>Sala 2</i>	28
<i>Sala 3</i>	29
<i>Sala 4</i>	30
<i>Sala 5</i>	31
<i>Sala 6</i>	32
<i>Sala 7A</i>	33
<i>Sala 7B</i>	34
<i>Sala 9</i>	35
<i>Sala 10</i>	36
<i>Scalone d'onore</i>	39
B.2 Pianta del piano primo	40
<i>Scalone d'onore</i>	41
<i>Sala 2A</i>	42
<i>Sala 2B</i>	43
<i>Sala 3</i>	44
<i>Sala 5</i>	45
<i>Sala 6</i>	46
<i>Sala 7</i>	47
<i>Sala 8</i>	48
<i>Sala 9</i>	49
<i>Sala 10</i>	50
<i>Sala 12</i>	52
<i>Sala 13</i>	53
<i>Sala 14</i>	54



1. PREMESSA

Villa Alari a Cernusco sul Naviglio rappresenta un unicum nel panorama delle ville settecentesche lombarde.

Lo stato di conservazione della fabbrica risente del periodo prolungato di inutilizzo; inoltre l'edificio porta i "segni" degli interventi che si sono operati nel XX secolo al fine di adattarla alla destinazione di ospedale cui è stata destinata nel corso degli anni del novecento.

Nonostante quanto sopra, la villa si presenta, nel corpo di fabbrica principale, molto simile al suo aspetto originario (lo stesso purtroppo non è constatabile per le porzioni meno nobili del complesso settecentesco).

Le indicazioni contenute nell'elaborato presente riguardano unicamente il corpo di fabbrica nobile.

2. OBIETTIVI

Le valutazioni e le considerazioni appresso riportate sono volte alla definizione dello stato di conservazione del bene, con particolare riguardo ai fenomeni di degrado e dissesto, al fine di valutare le condizioni statiche del complesso, in un'ottica di conservazione del bene edilizio e del valore storico e culturale rappresentato dalla Villa Alari.

Le prime analisi condotte sull'immobile sono tese a conseguire una conoscenza preliminare del manufatto dal punto di vista dimensionale, delle tipologie costruttive, dei materiali impiegati e dello stato di conservazione delle componenti strutturali.

3. SICUREZZA E PRESTAZIONI

3.1. PRINCIPI FONDAMENTALI

La sicurezza e le prestazioni dell'opera o di parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale.

In particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- Robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è possibile considerare solo gli stati limite ultimi.



3.2. CRITERI GENERALI

La valutazione della sicurezza, e l'eventuale progetto degli interventi, su una struttura esistente sono normalmente affetti da un grado di incertezza diverso, ma non necessariamente maggiore da quello degli edifici di nuova progettazione.

Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura (geometria e dettagli costruttivi) e dei materiali che la costituiscono (calcestruzzo, acciaio, mattoni, malta).

3.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento volto a:

- Stabilire se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC, oppure
- A determinare l'entità massima delle azioni che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC.

Si possono individuare due categorie di situazioni per le quali effettuare la verifica di sicurezza, essendo entrambe le categorie comunque riconducibili ad un significativo peggioramento delle condizioni di sicurezza iniziali:

- Variazioni, improvvise o lente, indipendenti dalla volontà dell'uomo (danni dovuti al terremoto, a carichi verticali eccessivi, a urti, danni dovuti a cedimenti fondali, degrado delle malte nella muratura, corrosione delle armature nel c.a., errori progettuali o esecutivi, incluse le situazioni in cui i materiali o la geometria dell'opera non corrispondano ai dati progettuali);
- Variazioni dovute all'intervento dell'uomo, che incide direttamente e volontariamente sulla struttura oppure sulle azioni (ad esempio: aumento dei carichi verticali dovuto a cambiamento di destinazione d'uso), o che incide indirettamente sul comportamento della struttura (ad esempio interventi non dichiaratamente strutturali).

Gli esiti delle verifiche dovranno permettere di stabilire se e quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza. Le alternative sono sintetizzabili nella continuazione dell'uso attuale, nella modifica della destinazione d'uso o nell'adozione di opportune cautele e, infine, nella necessità di effettuare un intervento di aumento o ripristino della capacità portante, che può ricadere nella fattispecie del miglioramento o dell'adeguamento.

È evidente che i provvedimenti detti sono necessari e improcrastinabili nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio; più complessa è la situazione che si determina nel momento in cui si manifesti l'inadeguatezza di un'opera rispetto alle azioni ambientali, non controllabili dall'uomo e soggette ad ampia variabilità nel tempo ed incertezza nella loro determinazione.



4. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

4.1. Caratteristiche generali

Il corpo principale dell'edificio si sviluppa su due piani fuori terra, oltre al piano seminterrato.

Tale fabbricato è di forma rettangolare, raccordato ad ali brevi. Al centro, sul fronte nord, si apre il portico a cinque fornici sorretto da colonne e archi a tutto sesto.

Il fronte sud, verso il parco, si articola su quattro piani di profondità; il corpo centrale è aggettante e lateralmente aperto da logge.

4.2. Sviluppo storico

Villa Alari Visconti di Saliceto è, fra le "ville di delizia" del milanese, la più degna di particolare menzione. Si ha notizia che il committente, Giacinto Alari (1668-1753), avesse fin dal 1702 acquistato i terreni sui quali sarebbe sorto l'edificio; i lavori iniziarono nel 1703 e si conclusero nel 1719. Tuttavia, a ragione della vastità del progetto, affidato "in toto" all'architetto romano Giovanni Ruggeri e della certezza della data di consacrazione della Cappella dedicata a San Giacinto, la data di conclusione dei lavori può essere ragionevolmente spostata al 1725, anno nel quale è definitivamente conclusa la decorazione a stucco e ad affresco. La maggior parte degli ambienti, al piano terreno e al piano nobile, sono affrescati e decorati da stucchi, in qualche caso estesi alle pareti e dal carattere unitario (1720-25): il disegno di tali decorazioni, che comprende anche i ferri battuti, è unanimemente ascritto a Giovanni Ruggeri.

4.3. Stato attuale

La villa è attualmente inutilizzata; l'ultima destinazione d'uso della villa è stata quella di ospedale.

Nel 1957 (fonte: "Villa Alari: Cernusco sul Naviglio" di Simonetta Coppa e Elisabetta Ferrario Mezzadri) la villa fu oggetto di restauro che incluse anche il rifacimento della copertura (attraverso la sostituzione degli elementi portanti), delle gronde e degli intonaci esterni.

5. STATO DI FATTO - ANALISI DEL DEGRADO

5.1. Murature

5.1.1. Caratteristiche costruttive e materiche

La struttura della villa è costituita interamente da murature portanti in mattoni pieni con spessori compresi tra 60 e 75 cm. La tipologia costruttiva delle murature è rilevabile attraverso una serie di fori presenti nei muri esterni, nonché per la mancanza di porzioni di

intonaco sui paramenti esterni. La malta è presumibilmente a base di calce. La muratura è inoltre interamente visibile nel sottotetto, ove non è applicato alcuno strato di intonaco.



5.1.2. *Analisi del degrado*

Per l'analisi del degrado degli elementi murari si rimanda all'appendice B, ove sono riportati, per ciascuna sala, i quadri fessurativi di ciascun paramento murario e dell'intradosso della volta.

In tali schede sono chiaramente individuabili, e quindi non tracciati od evidenziati, i fenomeni infiltrativi, di presenza di umidità, formazione di efflorescenze, depositi e patine biologiche. Sono invece evidenziati e tracciati i fenomeni fessurativi.

Questi sono tracciati con linea di colore rosso ove riconducibili a fenomeni di cavillatura degli intonaci, fessurazioni a reticolo, ed in generale ove la fessurazione paia interessare solo lo spessore dell'intonaco; sono invece tracciati con linea di colore blu ove riconducibili a dissesti diretti del corpo murario, con manifestazione in forma di fessurazioni più importanti ed estese, potenzialmente interessanti l'intero spessore murario.

Come evidente dall'analisi delle schede allegate, il degrado ed i dissesti risultano essere più estesi e di grado più severo al piano primo rispetto al piano terra.



5.2. Solai e volte

5.2.1. Caratteristiche costruttive e materiche

I solai del piano rialzato e del piano nobile sono voltati e realizzati in mattoni pieni.

La tipologia di volta è variabile da sala a sala, si rileva la presenza di volte a botte, a crociera, a padiglione ed anche volte complesse realizzate con geometrie miste o intermedie tra quelle sopra citate.

Nel sottotetto risultano evidenti la geometria di posa dei mattoni di coltello a costituire le volte e le costolature sempre in mattoni pieni. Risulta altresì visibile il rinfiacco delle volte, eseguito con calcinacci e materiale frantumato, con spessori variabili a seconda del locale.

Gli ammezzati presenti nei corpi laterali presentano solai in latero-cemento, dei quali è possibile rilevare l'orditura per i segni di termoforesi prodotti dai travetti e visibili sull'intonaco all'intradosso.

5.2.2. Analisi del degrado

Nel piano nobile, in conseguenza di diffusi fenomeni di infiltrazione dalla copertura, alcune volte manifestano evidente presenza di umidità, fenomeni di efflorescenza e distacchi di vernice e intonaco. In corrispondenza della scala di servizio Est la volta realizzata con struttura in legno ed intonaco su incanniccato si presenta diffusamente ed estremamente ammalorata ad opera dell'acqua infiltrata; puntualmente tale volta presenta porzioni crollate.

5.3. Esterni

5.3.1. Caratteristiche costruttive e materiche

Il corpo principale dell'edificio, a due piani, raccordato ad ali brevi, scandito da lunghe paraste è arricchito di cornici ed è coronato da un attico con decorazione a specchiature. Al centro si apre il portico a cinque forniche sorretto da colonne e archi a tutto sesto, chiuso oggi da una vetrata. Il fronte verso il parco si distingue per il singolare e studiato sviluppo in altezza; la facciata si articola su quattro piani di profondità; il corpo centrale aggettante, lateralmente aperto da logge, è alleggerito da due balconcini sovrapposti.

Le facciate esterne sono interamente rifinite ad intonaco.

5.3.2. Analisi del degrado

Le murature presentano situazioni di degrado che interessano diffusamente gli intonaci ed i serramenti; il degrado maggiormente diffuso riguarda l'esfoliazione degli strati superficiali di tinteggiatura. Tale fenomeno è presente su tutti i prospetti della fabbrica ed interessa la totalità delle superfici.

Maggiormente rilevante, seppur più limitato in termini di estensione, è il fenomeno di distacco dell'intonaco, anche questo diffuso su tutti i prospetti della villa. Alcune zone



presentano la totale mancanza dell'intonaco ed è quindi visibile il paramento murario sottostante.

Alcune cornici presentano fenomeni di degrado ancora più marcati, che si manifestano visivamente attraverso la mancanza di alcune parti di mattone. Tali manifestazioni sono verosimilmente legate a fenomeni di infiltrazione dalla copertura.

5.4. Copertura

5.4.1. Caratteristiche costruttive e materiche

Dall'interno del sottotetto sono apprezzabili sia il sistema costruttivo delle volte in mattoni, che le opere realizzate con l'intervento di metà novecento attuato sulla copertura.

I muri esterni in mattoni si rastremano al di sopra delle volte del piano nobile, il muro di spina centrale, che sostiene la trave di colmo, presenta una serie di aperture che consentono di raggiungere i vari ambienti. Il corpo dell'attico che copre la sala da ballo risulta totalmente perimetrato da muratura in mattoni (il lato nord di detta sala coincide con il muro di spina). I muri in mattoni che contengono le volte proseguono fino a sostenere le travi di copertura.

Buona parte dei solai in latero-cemento che coprono l'ammezzato Ovest sono occupati dalla presenza delle canalizzazioni degli impianti di trattamento aria.

La nuova copertura è stata realizzata con travi in calcestruzzo armato che hanno sostituito le originali capriate in legno, delle quali permangono le estremità ammorsate nei muri perimetrali. Il manto di copertura in coppi poggia su tavelloni in laterizio forato posati su travetti prefabbricati tipo Varese in cls armato.

Lo sporto di gronda è retto da mensole in granito ammorsate nella muratura in mattoni; di tali mensole è visibile l'estremità nel sottotetto, in corrispondenza del paramento interno delle murature.

5.4.2. Analisi del degrado

Sia le travi che i travetti in calcestruzzo armato presentano diffusamente zone con distacco del copriferro e ossidazione delle armature.

La copertura presenta diffusi fenomeni di infiltrazione, riscontrabili visivamente all'interno del sottotetto per la presenza tavelloni bagnati o umidi.

6. RILIEVO FOTOGRAFICO

Unitamente al rilievo geometrico è stato eseguito un rilievo fotografico di tutti gli interni, che ha consentito la redazione di specifica analisi dei quadri fessurativi delle murature e delle volte.

Tale rilievo fotografico è riportato in allegato alla presente relazione.



7. SCHEMA STRUTTURALE

La struttura muraria della villa è costituita interamente da murature portanti in mattoni pieni con malta verosimilmente a base di calce, con spessori compresi tra 60 e 75 cm. La tipologia costruttiva delle murature è riscontrabile attraverso una serie di fori presenti nei muri esterni realizzati in passato.

La tessitura muraria è interamente visibile nel sottotetto, ove non è applicato alcuno strato di intonaco.

I solai del piano rialzato e del piano nobile sono voltati e realizzati in mattoni pieni; la tipologia di volta è variabile da sala a sala e si rileva la presenza di volte a botte, a crociera, a padiglione ed anche volte complesse realizzate con geometrie miste o intermedie tra quelle sopra citate.

Nel sottotetto risultano evidenti la geometria di posa dei mattoni di coltello a costituire le volte e le costolature sempre in mattoni pieni. Si rileva, nel sottotetto, la presenza saltuaria di catene metalliche posate sopra o entro lo spessore delle volte. Tali catene presentano talvolta capochiave a paletto.

Risulta altresì visibile il parziale rinfianco delle volte, eseguito con calcinacci e materiale frantumato, con spessori variabili a seconda del locale.

Gli ammezzati presenti nei corpi laterali presentano solai in latero-cemento, dei quali è possibile rilevare l'orditura per i segni di termoforesi prodotti dai travetti e visibili sull'intonaco all'intradosso.

Dall'interno del sottotetto sono apprezzabili sia il sistema costruttivo delle volte in mattoni, che le opere realizzate con l'intervento di metà novecento attuato sulla copertura.

I muri esterni in mattoni si rastremano al di sopra delle volte del piano nobile, il muro di spina centrale, che sostiene la trave di colmo, presenta una serie di aperture che consentono di raggiungere i vari ambienti. Il corpo dell'attico che copre la sala da ballo risulta totalmente perimetrato da muratura in mattoni (il lato nord di detta sala coincide con il muro di spina). I muri in mattoni che contengono le volte proseguono fino a sostenere le travi di copertura.

Buona parte dei solai in latero-cemento che coprono l'ammezzato Ovest sono occupati dalla presenza delle canalizzazioni degli impianti di trattamento aria.

La nuova copertura è stata realizzata con travi in calcestruzzo armato che hanno sostituito le originali capriate in legno, delle quali permangono le estremità ammorsate nei muri perimetrali. In diverse zone è visibile ed esposta l'armatura delle travi, per distacco del copriferro o insufficiente ricoprimento dell'armatura stessa; tali armature, ad una prima ricognizione, risultano essere lisce e si presentano diffusamente ossidate.

Il manto di copertura in coppi poggia su tavelloni in laterizio forato posati su travetti prefabbricati tipo Varese in cls armato.



Lo sporto di gronda è retto da mensole in granito ammorsate nella muratura in mattoni; di tali mensole è visibile l'estremità nel sottotetto, in corrispondenza del paramento interno delle murature.

8. INDAGINI STORICHE E RILIEVO GEOMETRICO - STRUTTURALE

8.1. *SOPRALLUOGHI*

Al fine di comprendere le caratteristiche dimensionali, tipologiche e strutturali dell'immobile sono stati eseguiti diversi sopralluoghi, durante i quali sono state condotte le necessarie operazioni di rilievo, volte alla compiuta definizione della geometria del fabbricato e all'individuazione del sistema resistente e degli elementi strutturali.

8.2. *ANALISI STORICO - CRITICA*

Per i dati e le informazioni riguardanti l'analisi storico-critica si rimanda al §4.2 della presente relazione.

8.3. *RILIEVO GEOMETRICO - STRUTTURALE*

8.3.1. *RILIEVI IN - SITU*

Al fine di definire compiutamente le caratteristiche dimensionali e tipologiche dell'immobile sono stati eseguiti, in data 06/11/2014, 13/11/2014, 19/11/2014 e 20/11/2014, in accordo con il Comune di Cernusco sul Naviglio (MI), il rilievo geometrico e fotografico dell'intero immobile, seguito dall'adeguata restituzione grafica delle risultanze di detto rilievo.

Durante tali operazioni è stato indagato e verificato in loco lo stato delle strutture sia orizzontali (travi, solai, volte), che verticali (murature e colonne).

Tali ricognizioni sono state condotte, oltre che per conseguire la compiuta definizione della geometria del fabbricato, anche per individuare e valutare il sistema resistente e gli elementi strutturali.

8.3.2. *INDAGINI IN - SITU*

Stante la fase iniziale e preparatoria delle ricognizioni, ed in considerazione del fatto che il bene in oggetto è vincolato ai sensi del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137, non sono state eseguite indagini in-situ volte ad approfondire la conoscenza dei materiali costituenti le strutture della fabbrica.

In linea di massima le prove che si prevede potranno essere eseguite durante le fasi avanzate della progettazione saranno:

Prove da eseguire sulle murature:



- Prove di carico statiche su solai e volte;
- Prove con martinetti piatti semplici per il rilievo delle tensioni d'esercizio della muratura;
- Prove con martinetti piatti doppi per la misura della resistenza a compressione della muratura e del modulo elastico della stessa;
- Prove di caratterizzazione delle malte per la determinazione della tipologia e del contenuto di legante;
- Prove penetrometriche sulle malte;
- Videoendoscopie sulle murature per la verifica visiva della stratigrafia.

Prove da eseguire sulle opere in cls armato:

- Indagini pacometriche per l'individuazione dell'armatura delle travi;
- Indagini ultrasoniche per la valutazione dell'omogeneità del calcestruzzo;
- Carotaggi Ø100 mm con relative prove di carbonatazione e compressione in Laboratorio per la determinazione della resistenza meccanica del calcestruzzo;
- Indagini con microdurometro Vickers su barre d'armatura per la valutazione indiretta della resistenza a trazione dell'acciaio;
- Prelievo di spezzoni di barre d'armatura con relative prove di rottura per trazione in laboratorio per la determinazione della resistenza a trazione dell'acciaio.

Tali indagini risultano essere, a seconda della tipologia, da limitatamente a fortemente invasive e per questo motivo, ed al fine di salvaguardare gli apparati decorativi presenti all'interno degli ambienti, si è scelto di non eseguire saggi materici, prove di caratterizzazione e prove di carico sul fabbricato.

In particolare le prove da eseguire sulle murature possono prevedere la rimozione degli strati di intonaco, la perforazione a tutto spessore della parete, l'esecuzione di intagli con seghe circolari a disco diamantato per l'alloggiamento delle celle di carico, l'applicazione di martinetti idraulici e di sensori ed estensimetri. L'esecuzione delle prove potrà richiedere, inoltre, l'applicazione di sollecitazioni alla muratura, con cicli di detensionamento, carico e scarico, con incremento del valore massimo di sforzo fino al raggiungimento della tensione di rottura della muratura.

Le prove di carico da eseguirsi sui solai voltati, non essendo possibile operare con martinetti idraulici a causa della conformazione delle volte, dovrà essere eseguita mediante l'applicazione di sovraccarichi attraverso "piscine" da riempire d'acqua fino ad un livello tale da conseguire il sovraccarico voluto. Anche in questo caso l'esecuzione delle prove richiede l'alternanza di cicli di carico e scarico con valori via via crescenti del sovraccarico. La criticità di tale tecnica di indagine è costituita dal fatto che lo scarico deve essere eseguito in tempi lunghi, con possibili problematiche in caso si rilevasse l'insorgenza di dissesti; è richiesto, nondimeno, l'impiego di notevoli quantitativi di acqua, che potrebbero causare danni agli apparati decorativi in caso di fuoriuscite accidentali.



L'esecuzione di questa tipologia di indagini sarà pertanto demandata, se del caso, alle fasi successive della progettazione, durante le quali sarà maggiormente definita e caratterizzata la linea d'intervento e pertanto maggiormente mirata la scelta in merito alle indagini da svolgere. La scelta delle prove e indagini da eseguirsi dovrà essere, inoltre, definita di concerto con la "Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici" e gli enti preposti alla tutela del bene.

Operazione fondamentale e preliminare all'esecuzione delle prove sarà la presentazione di specifica richiesta alla "Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici" per ottenere il nulla osta all'esecuzione delle indagini.

La richiesta di nulla osta dovrà essere accompagnata da opportuna documentazione fotografica dello stato dei luoghi, dalle piante dell'edificio con l'indicazione dell'ubicazione delle diverse tipologie di prova e dalla descrizione delle modalità di esecuzione delle prove stesse. Si specifica fin d'ora che, per l'esecuzione dei saggi e delle prove volti alla composizione di un completo quadro conoscitivo dell'immobile e delle sue strutture, ed in particolare gli interventi che prevedono la rimozione degli intonaci, sarà tassativa l'assistenza di un Tecnico Restauratore Specializzato.

9. LE COSTRUZIONI STORICHE IN MURATURA

9.1. *IL COMPORTAMENTO DELLE COSTRUZIONI STORICHE IN MURATURA*

Le strutture storiche in muratura costituiscono un insieme estremamente vario e complesso per tipologie e tecniche costruttive, per cui l'analisi del loro comportamento strutturale e la valutazione della loro sicurezza sono condizionate da incertezze nella definizione delle proprietà meccaniche dei materiali e delle condizioni di vincolo tra gli elementi.

Tali costruzioni non sono state progettate secondo i principi della meccanica dei materiali e delle strutture bensì secondo un approccio basato sull'intuizione e sull'osservazione, utilizzando i principi dell'equilibrio dei corpi rigidi e sperimentando il comportamento delle costruzioni già realizzate; questo ha portato ad affinare criteri esecutivi e di proporzionamento geometrico, configurabili come "regole dell'arte". Tale approccio non è, evidentemente, scientificamente rigoroso e risulta affidabile solo se utilizzato all'interno dei limiti di validità della regola; tuttavia identificare in una costruzione la conformità alle regole dell'arte costituisce un primo elemento di valutazione della sicurezza.

Oltre alla conformità alla regola dell'arte, un ulteriore elemento di valutazione può essere il "collaudo" della storia, di cui l'esistenza stessa della costruzione ci fornisce testimonianza. Tale "collaudo", tuttavia, risulta spesso insufficiente nei riguardi della prevenzione dal rischio sismico.

Risulta pertanto evidente che, per valutare oggi la sicurezza di una costruzione esistente, è necessaria un'adeguata conoscenza del manufatto, ma non è possibile in ogni caso



prescindere da una analisi strutturale, finalizzata a tradurre in termini meccanici e quantitativi il comportamento accertato nella costruzione.

La tipologia di opera richiederebbe, per un'adeguata valutazione delle sollecitazioni e delle risorse di resistenza, una modellazione agli elementi finiti.

In particolare la configurazione degli elementi murari, la distribuzione di masse e rigidità ai vari livelli, la presenza del porticato nel cortile nord, la presenza di solai voltati di tipo spingente e le caratteristiche dell'apparecchiatura muraria non consentono di poter assumere uno schema resistente a telaio equivalente con "nodi" a comportamento infinitamente rigido; sarebbe pertanto richiesta una modellazione FEM basata su elementi bidimensionali o tridimensionali.

E' in ogni caso opportuno preporre che in linea di massima gli edifici esistenti non presentano usualmente gravi carenze a livello statico, fattore dovuto principalmente alla generosità delle porzioni portanti. Gli stessi edifici presentano invece sovente problemi in caso di verifica sismica. Le strutture storiche in muratura non sono infatti pensate per resistere a forze orizzontali.

9.2. MECCANISMI LOCALI

Negli antichi edifici in muratura sono spesso assenti sistematici elementi di collegamento tra le pareti, a livello degli orizzontamenti; ciò comporta una possibile vulnerabilità nei riguardi dei meccanismi locali, che possono interessare non solo il collasso fuori dal piano di singoli pannelli murari, ma anche più ampie porzioni dell'edificio (ribaltamento di intere pareti mal collegate, ribaltamento di pareti sommitali in presenza di edifici di diversa altezza, collassi parziali negli edifici d'angolo degli aggregati edilizi, etc.). Un possibile modello di riferimento per questo tipo di valutazioni è quello dell'analisi limite dell'equilibrio delle strutture murarie, considerate come corpi rigidi non resistenti a trazione; la debole resistenza a trazione della muratura porta infatti, in questi casi, ad un collasso per perdita di equilibrio, la cui valutazione non dipende in modo significativo dalla deformabilità della struttura, ma principalmente dalla sua geometria e dai vincoli.

10. IPOTESI DI INTERVENTO

10.1. GENERALITÀ

Sviluppare un progetto strutturale su un edificio storico e vincolato richiede un'adeguata sensibilità e rispetto del bene architettonico-culturale e la capacità del tecnico nel saper risolvere senza stravolgere le problematiche tipiche di edifici appartenenti a questa tipologia. Per questo motivo gli interventi, volti a riparare le criticità ed i danni presenti ed a risolvere o ridurre le carenze e la vulnerabilità sismica, dovranno essere valutati nel quadro generale della conservazione della fabbrica. L'obiettivo principale resterà sempre la conservazione



non solo della materia ma anche del funzionamento strutturale accertato, qualora questo non presenti carenze tali da poter comportare la perdita del bene.

10.2. FINALITÀ

Gli interventi dovranno essere rivolti, nei limiti del possibile, al contenimento dell'estensione e del numero e comunque ad evitare di alterare in modo significativo l'originale distribuzione delle rigidità negli elementi. Le tecniche dell'intervento dovranno essere mirate prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi fragili. In generale gli interventi dovranno essere volti precipuamente alla risoluzione degli aspetti seguenti:

- Riparazione di eventuali danni presenti;
- Riduzione delle carenze strutturali;
- Miglioramento delle capacità deformative (duttilità) degli elementi;
- Incremento della resistenza degli elementi resistenti.

Quale intervento primario si evidenzia, in ogni caso, la necessità di procedere, con un adeguato livello di approfondimento, alla ricognizione puntuale e scrupolosa degli elementi che hanno evidenziato carenze a livello statico o fessurazioni rilevanti.

10.3. TECNICHE DI INTERVENTO

Nel seguito sono fornite indicazioni generali in merito alla scelta degli interventi di riparazione e miglioramento strutturale degli edifici in muratura.

È rilevante sottolineare che gli interventi possibili per ciascuna patologia o forma di vulnerabilità sono generalmente più d'uno, ciascuno di questi con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, compatibilità e durabilità.

Gli interventi di consolidamento dovrebbero essere applicati, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. Particolare attenzione dovrà inoltre essere posta alla fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale delle costruzioni.

10.4. OPERE DI RIPRISTINO E RINFORZO DELLE MURATURE STORICHE

Saranno prioritarie, sulle murature, le opere volte a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una adeguata continuità nella rigidità, anche realizzando opportuni ammorsamenti o cuciture, qualora mancanti.

A seconda dei casi sarebbe auspicabile procedere a riparazioni localizzate delle parti lesionate o degradate, a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani, scarichi e canne fumarie e a migliorare le caratteristiche delle murature ove particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.



Gli interventi riportati a seguire sono da intendersi quali provvedimenti proposti in via indicativa e non esclusiva o esaustiva.

Stante il pregio dell'apparato decorativo delle murature gli interventi di seguito descritti dovranno essere accuratamente scelti e valutati puntualmente.

10.4.1. RISTILATURA PROFONDA DEI GIUNTI

Ove si rilevi carenza, disgregazione o erosione della malta si prevede la scarnitura profonda con attrezzi manuali dei giunti di malta, lavaggio del paramento murario con acqua spruzzata a bassa pressione e stilatura dei giunti con nuova malta di reintegro per intonaci traspiranti e da muratura ad elevate prestazioni meccaniche, a base di calce idraulica naturale ed eco-pozzolana.

10.4.2. INIEZIONI

L'intervento primario, da applicare quale scelta d'elezione in ogni area in cui si rilevi la presenza di fessurazioni, sarà la chiusura e la riparazione delle lesioni e delle fessure mediante iniezione in pressione di boiaccia da ripristino superfluida, volumetricamente stabile, con legante idraulico fillerizzato resistente ai sali, esente da cemento, a base di calce ed eco-pozzolana, sabbie ultrafini e speciali additivi, con pompe meccaniche o elettroniche.

10.4.3. RINFORZI CON RETI IN FIBRE

In corrispondenza di lesioni o fessurazioni rilevanti, potenzialmente interessanti l'intero spessore murario, ove ciò non provochi danno all'apparato decorativo, sarà auspicabile, in aggiunta all'iniezione innanzi descritta, l'applicazione sulla superficie del paramento murario di rete di armatura bilanciata alcali-resistente in fibre di vetro, basalto o poliparafenilenbenzobisoxazolo (PBO) per il rinforzo strutturale e successiva rasatura con malta traspirante esente da cemento, composta da calce idraulica naturale ed eco-pozzolana, sabbie naturali, additivi, microfibre e fibre di vetro.

10.4.4. SCUCI E CUCI

Tale intervento sarà utilizzato esclusivamente nei casi in cui sia indispensabile l'apporto di nuova muratura, in quanto intervento demolitivo e sostitutivo della materia antica. Il ripristino tramite scuci e cucì sarà eseguito utilizzando materiali simili agli originari per forma, dimensioni e resistenza ed operando adeguate ammorsature nel piano del paramento e trasversalmente allo stesso.

10.4.5. CUCITURE ARMATE

La chiusura e la riparazione di lesioni, fessurazioni e fratture di grave entità sarà eseguita mediante cuciture armate con tubi pultrusi in fibra di carbonio: l'armatura dei perfori sarà costituita dai tubi in fibra di carbonio preimpregnati con resina epossidica, i quali, essendo dotati di iniettore con valvola di non ritorno, fungeranno anche da elemento per l'iniezione



della boiaccia fluida, esente da cemento, a base di calce naturale ed eco-pozzolana, adatta per murature di rilevante importanza storica.

10.5. INTERVENTI VOLTI A RIDURRE LE CARENZE DEI COLLEGAMENTI

Gli interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti saranno realizzati mediante incatenamenti costituiti da tiranti e/o catene.

Per incatenamenti si intende l'insieme dei sistemi di presidio e consolidamento dell'edificio in muratura, costituiti da catene e tiranti, in grado di ricostituire e restituire un comportamento scatolare e monolitico della fabbrica muraria.

Gli incatenamenti rendono possibile alle pareti poste in contiguità, contrapposte, o sottoposte all'azione di elementi spingenti (elementi voltati non mutuamente contrastati o sufficientemente equilibrati da masse murarie), di interagire mutuamente e fornire una risposta il più possibile "globale" nei confronti delle azioni orizzontali, contenendo l'entità degli spostamenti e delle rotazioni delle pareti stesse e consentendo la mitigazione della vulnerabilità per innesco di possibili meccanismi cinematici di ribaltamento per rotazione.

Gli incatenamenti costituiscono un sistema di rinforzo ampiamente sperimentato ed applicato con riconosciuto successo anche in organismi murari molto antichi.

Gli incatenamenti sono, altresì, raccomandati anche per contenere le spinte non contrastate degli elementi voltati (archi e volte) e per contenere le spinte non contrastate di strutture in copertura costituite da elementi spingenti.

Tali incatenamenti potranno essere realizzati con:

- Catene metalliche (generalmente eseguite con barre tonde o piatti) e relativi sistemi di ancoraggio alle testate delle pareti murarie;
- Tiranti (in acciaio ad alto limite elastico: barre post-tese in acciaio speciale per c.a.p., trefoli, cavi in acciaio armonico) e relativi sistemi di ancoraggio alle testate delle pareti murarie.

In particolare tali incatenamenti dovranno essere eseguiti primariamente nel sottotetto, per contrastare o annullare le forze orizzontali generate da elementi spingenti o parzialmente spingenti. Le tirantature dovranno essere inoltre eseguite in corrispondenza delle murature trasversali, per favorire l'interazione delle murature perimetrali contrapposte e contenere le forze orizzontali degli elementi voltati spingenti. Tali tiranti dovranno, ogni qual volta possibile, essere posati a coppie in aderenza ad entrambi i paramenti delle murature.

11. CONCLUSIONI

11.1. RILIEVI GEOMETRICO-STRUTTURALI

Il rilievo geometrico condotto ha permesso di aggiornare il quadro conoscitivo dello stato plani-altimetrico dell'immobile, che si presentava parzialmente obsoleto ed impreciso.

11.2. MURATURA

La struttura muraria risulta in generale in mediocre stato di conservazione.

Le murature presentano, ad un esame visivo delle superfici, diffusi fenomeni fessurativi, di grado variabile per estensione e profondità.

È possibile rinvenire frequenti ed estesi fenomeni di distacco delle tinteggiature, cavillatura degli intonaci, presenza di fessurazioni a reticolo, formazione di efflorescenze, depositi e patine biologiche.

È presente, nondimeno, una pervasiva e moderatamente estesa fenomenologia fessurativa riconducibile a dissesti diretti del corpo murario, che si manifesta in forma di fessurazioni più importanti ed estese, potenzialmente interessanti lo spessore murario.

11.3. ELEMENTI IN C.A.

Le indagini condotte sugli elementi di copertura hanno permesso di rilevare e inquadrare il sistema resistente realizzato durante il secolo scorso (1957), che ha visto la totale rimozione delle strutture originali (verosimilmente capriate in legno) e la loro sostituzione con una nuova struttura a travi e travetti in cls armato.

Le travi paiono, ad un esame visivo preliminare, essere costituite da calcestruzzo di qualità medio-bassa, con frequenti esposizioni delle armature e presenza di nidi di ghiaia. Le armature risultano essere costituite da barre lisce, con staffe poste ad interasse di circa 40 cm, e diffusamente ossidate.



I travetti a sostegno del tavellonato sono costituiti da elementi in cls prefabbricato con sezione ad I; questi elementi risultano essere di qualità migliore rispetto alle parti realizzate in opera, ma si rileva comunque la presenza di distacco di copriferri con esposizione ed ossidazione delle armature.



Sono state rilevate puntuali situazioni di criticità, per la presenza di porzioni di struttura realizzati con tecniche ed elementi non “convenzionali”; in primis le capriate formate con travetti prefabbricati e catene in filo di ferro e la “falsa capriata” con il pilastro in falso e pesantemente fuori piombo. Di dubbia efficacia pare inoltre l'appensione con elementi in c.a. realizzata sulla trave della falsa capriata stessa.





11.4. CONDIZIONI GENERALI DELLA STRUTTURA

Premettendo che una valutazione accurata potrà essere formulata esclusivamente a seguito di più approfondite indagini ed elaborazioni numeriche, a seguito di: valutazione delle risultanze dei sopralluoghi, attenta analisi sullo stato delle strutture, considerazione della presenza di diffusi fenomeni infiltrativi ed esame dei quadri fessurativi dei diversi elementi murari (anche attraverso la redazione delle schede riassuntive), valutazione delle possibili evoluzioni dei dissesti e dei possibili meccanismi locali di collasso generati, si conclude quanto segue.

Allo stato attuale, l'edificio in generale, e le strutture in particolare, versano in uno stato di conservazione mediocre, con diffusi fenomeni fessurativi di grado variabile per estensione e profondità.

Si rilevano frequenti ed estesi fenomeni di distacco delle tinteggiature, cavillatura degli intonaci, presenza di fessurazioni a reticolo, infiltrazioni di umidità e formazione di efflorescenze, depositi e patine biologiche.

È presente una pervasiva e moderatamente estesa fenomenologia fessurativa riconducibile a dissesti diretti del corpo murario, che si manifesta in forma di fessurazioni più importanti ed estese, potenzialmente interessanti lo spessore murario.

La presenza e la continuativa permanenza di infiltrazioni porta a presumere che il degrado attualmente presente sia destinato, in assenza di interventi risolutivi, ed estendersi, ad accentuarsi e ad aggravarsi.

Il degrado ed i dissesti risultano essere più estesi e di grado più severo al piano primo rispetto al piano terra.

Complessivamente, sulla scorta di quanto sopra, si ritiene che le strutture risultino inadatte a garantire un adeguato livello di sicurezza e pertanto l'edificio non riveste caratteristiche di agibilità.

12. ALLEGATI

In appendice alla presente sono riportati:

- Appendice A - Rilievo fotografico del sottotetto
- Appendice B - Rilievo fotografico dei locali interni con individuazione dei quadri fessurativi

Il progettista

Pietro Brianza ingegnere

A. APPENDICE A - Rilievo fotografico del sottotetto



La nuova struttura della copertura con travi e travetti in calcestruzzo armato



Tavellonato sui nuovi travetti prefabbricati in C.A. Immorsati nella muratura sottostante sono visibili monconi di elementi lignei verosimilmente rimanenze della precedente copertura. Evidenti le tracce di umidità sui tavelloni.



La trave di colmo in C.A.: in vista l'armatura ossidata. Evidenti le tracce di umidità sui tavelloni.



Nodo di connessione colmo-displuvi: il sostegno del nodo è realizzato con falsa "capriata" realizzata in calcestruzzo armato. Il pilastro che sostiene il nodo poggia in falso sulla trave e risulta fortemente fuori piombo. È visibile inoltre la presenza di "appensioni" sempre in cls armato a collegare la trave in spessore di solaio con la trave della falsa capriata.



Degrado della volta lignea sulla scala di servizio dell'ammezzato est, intradosso



Degrado della volta lignea sulla scala di servizio dell'ammezzato est, estradosso



L'estradosso delle volte del piano nobile



Il solaio a copertura dell'ammezzato est realizzato in latero-cemento, estradosso visto dal sottotetto ed intradosso visto dal locale al secondo ammezzato; evidente l'orditura grazie alle tracce di termoforesi dei travetti.



Il solaio a copertura dell'ammezzato ovest realizzato in latero-cemento, estradosso visto dal sottotetto ed intradosso visto dal locale al secondo ammezzato; evidente l'orditura grazie alle tracce di termoforesi dei travetti.



Dettagli della tessitura muraria: a sinistra il muro di spina e il muro della sala da ballo; visibile attraverso i fori il passaggio di una catena metallica. A destra il muro perimetrale lato nord; visibile in basso a destra l'estremità della mensola in granito di sostegno del cornicione di gronda.

B. APPENDICE B -Rilievo fotografico dei locali interni con individuazione dei quadri fessurativi

A seguire si riporta una breve ricognizione fotografica dei quadri fessurativi rilevati sulle strutture murarie dell'edificio.

Tali fessurazioni, come già esposto nella relazione, presentano diversi gradi di estensione e di severità.



Nelle schede seguenti sono chiaramente individuabili, e quindi non tracciati od evidenziati, i fenomeni infiltrativi, di presenza di umidità, formazione di efflorescenze, depositi e patine biologiche.



Sono tracciati con linea di colore rosso i fenomeni fessurativi verosimilmente riconducibili a fenomeni di cavillatura degli intonaci, fessurazioni a reticolo, ed in generale ove la fessurazione paia interessare solo lo spessore dell'intonaco.

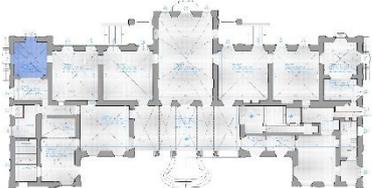
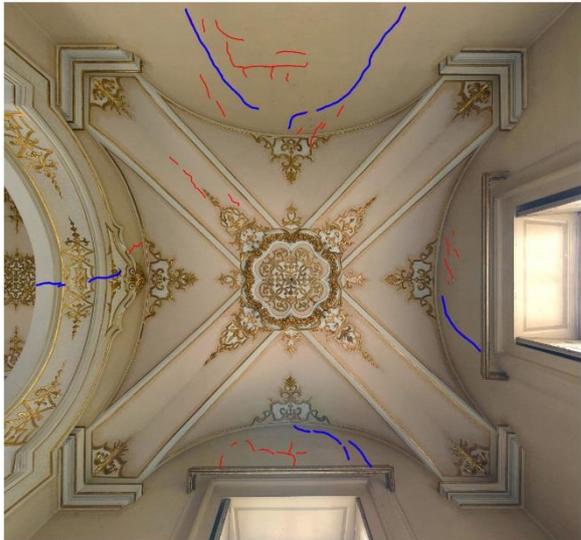


Sono tracciati con linea di colore blu i fenomeni fessurativi verosimilmente riconducibili a dissesti diretti del corpo murario, con manifestazione in forma di fessurazioni più importanti ed estese, potenzialmente interessanti l'intero spessore murario.

È auspicabile che sia eseguita e mantenuta nel tempo una attenta campagna di monitoraggio per tutte le situazioni illustrate, al fine di determinare l'eventuale evoluzione dei quadri fessurativi e poter valutare l'opportunità o la necessità di intraprendere opportune azioni di ripristino e risanamento.

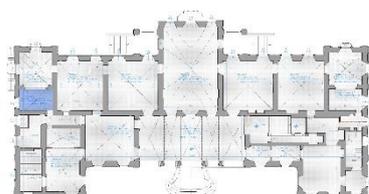
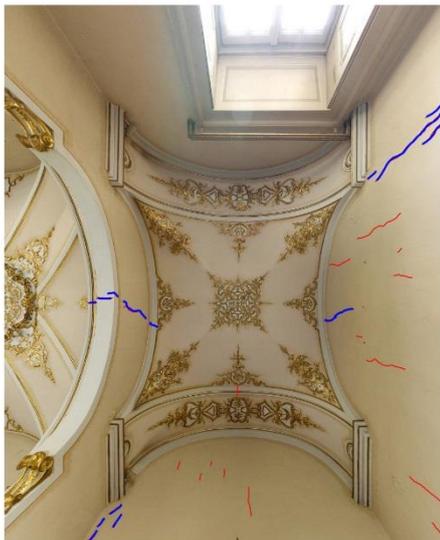


Sala 1A



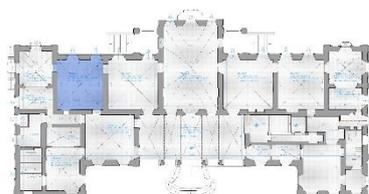
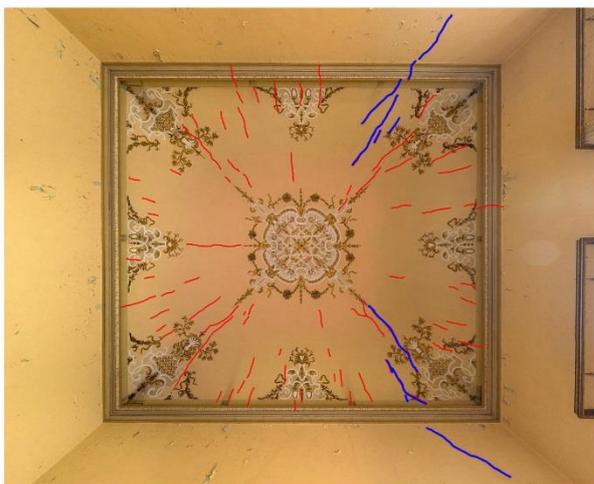


Sala 1B



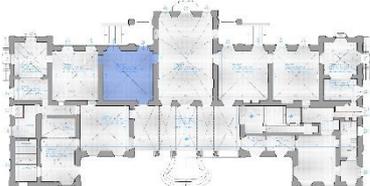


Sala 2



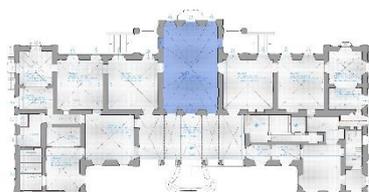
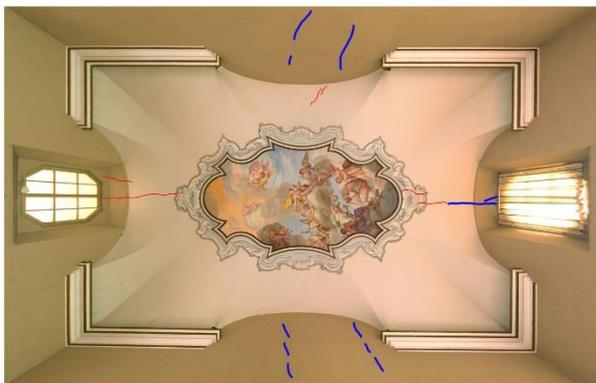
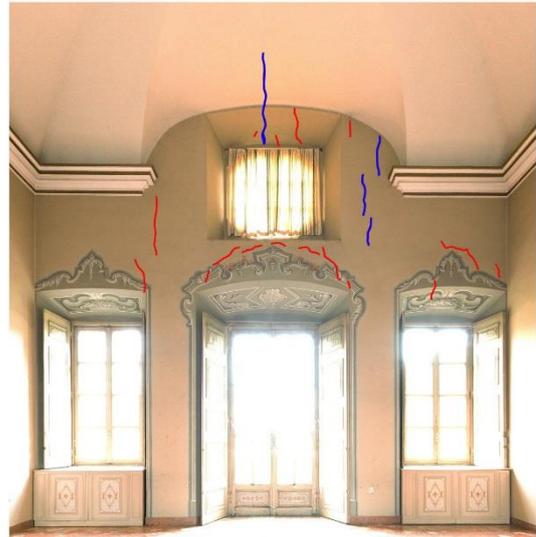
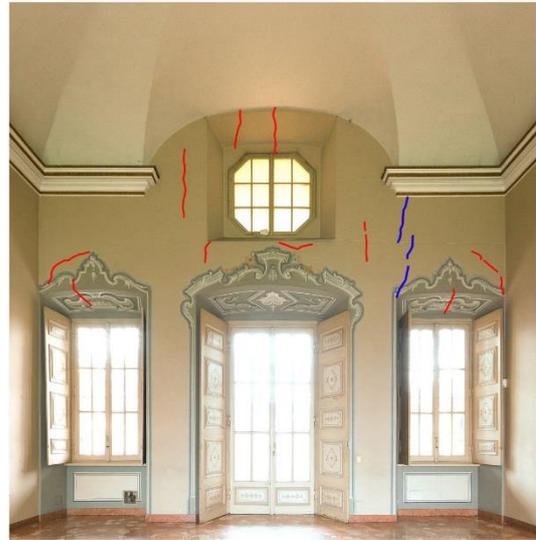


Sala 3



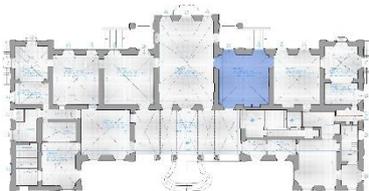


Sala 4



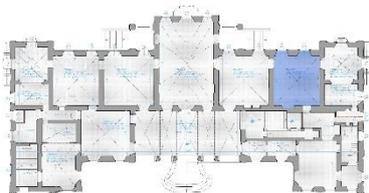


Sala 5



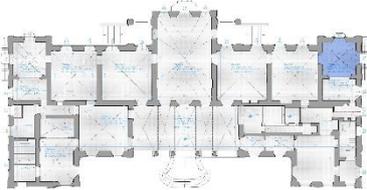


Sala 6



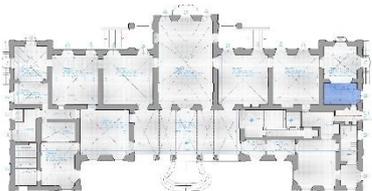


Sala 7A



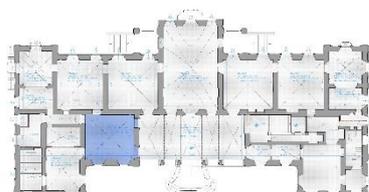
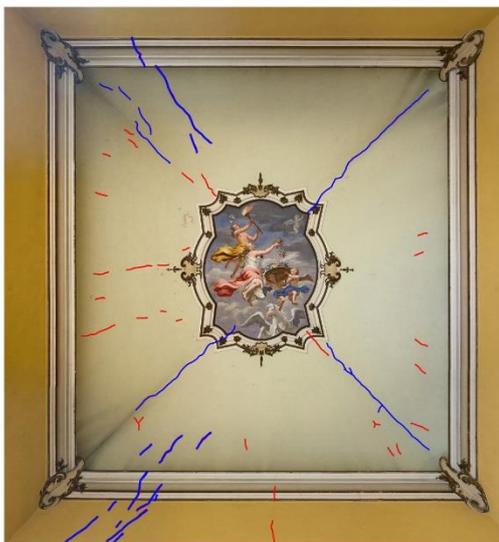


Sala 7B



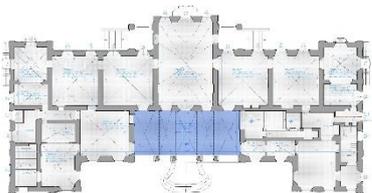
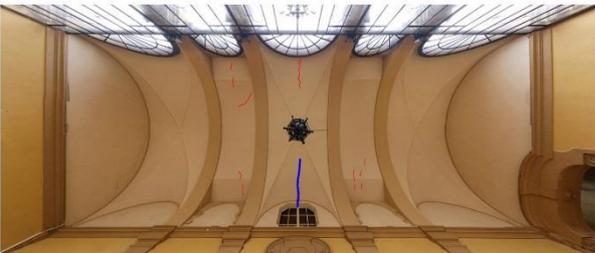


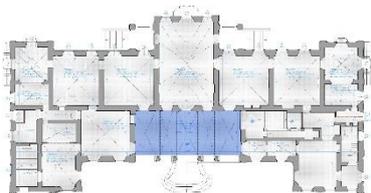
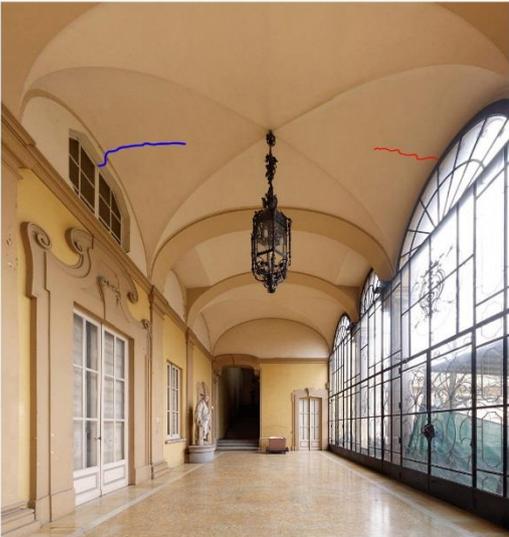
Sala9

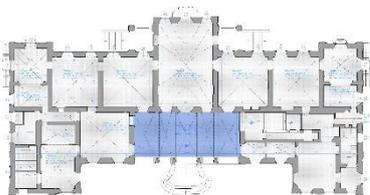




Sala 10

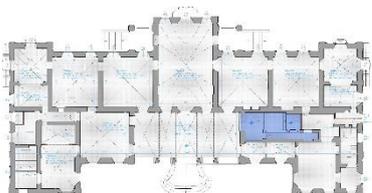
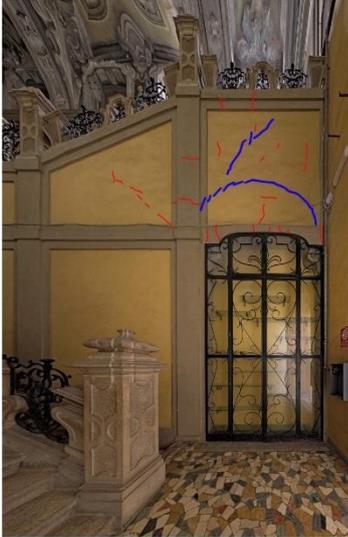






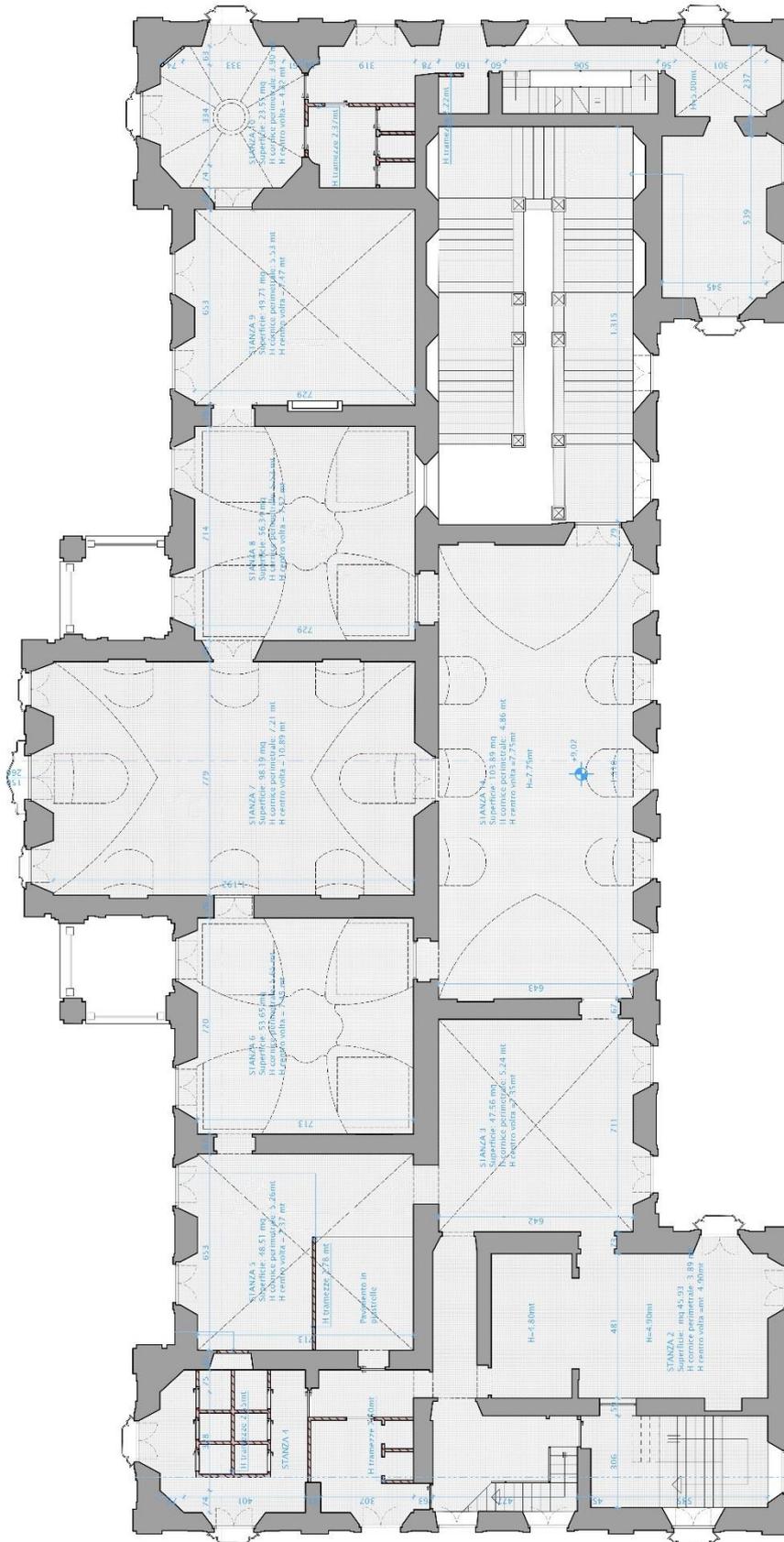


Scalone d'onore



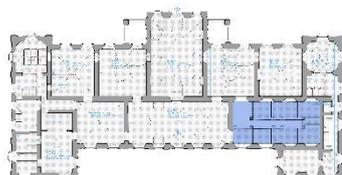
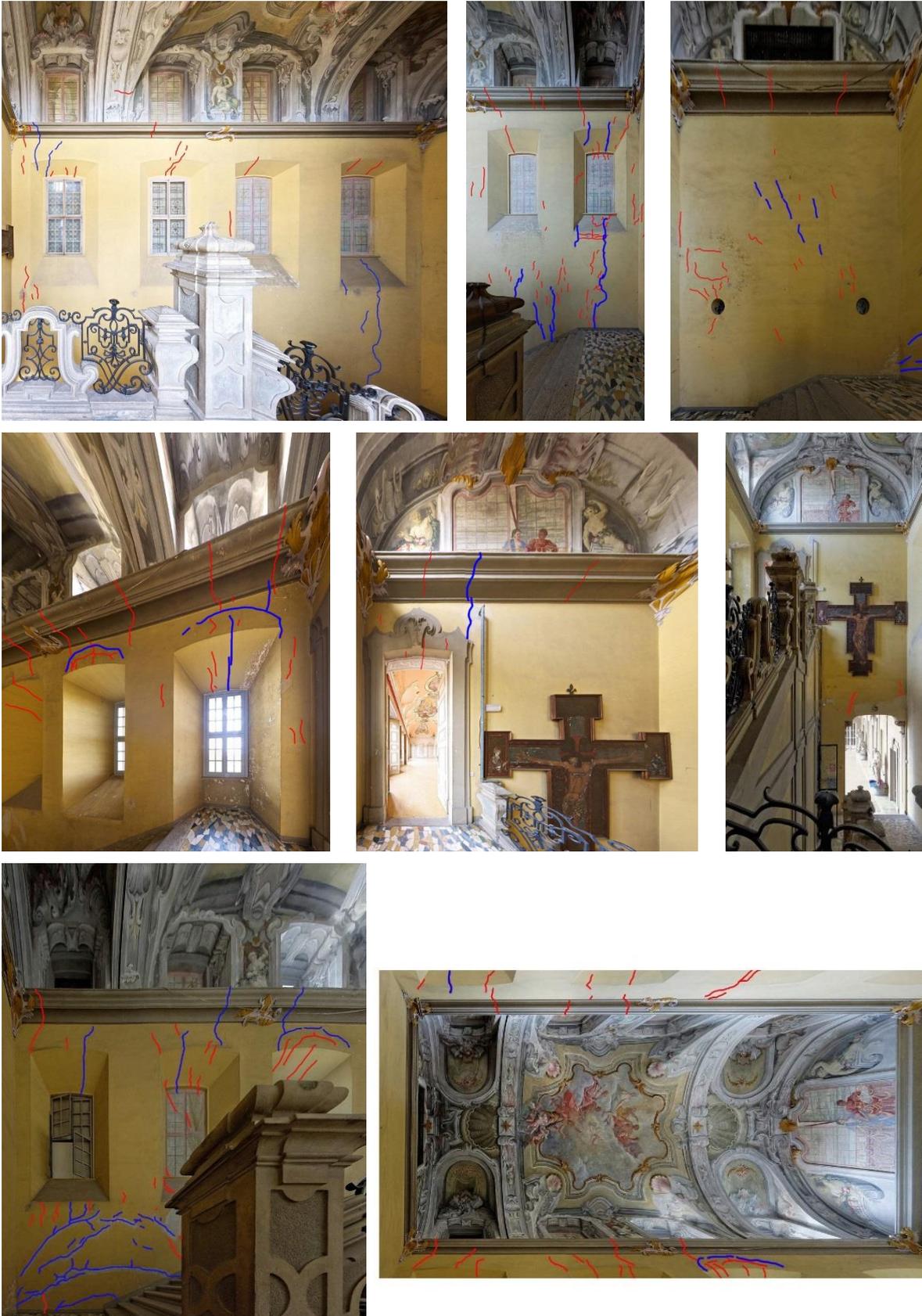


B.2 Pianta del piano primo



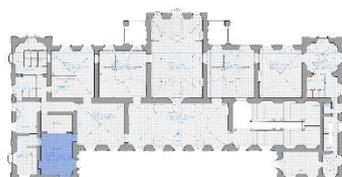


Scalone d'onore



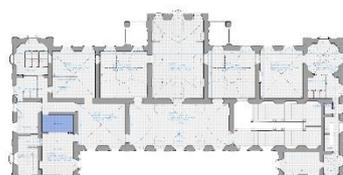
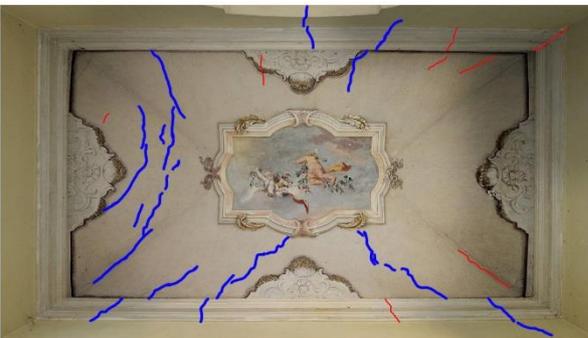


Sala 2A



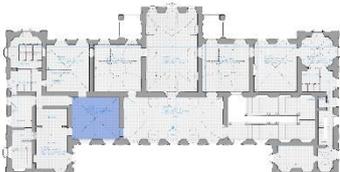
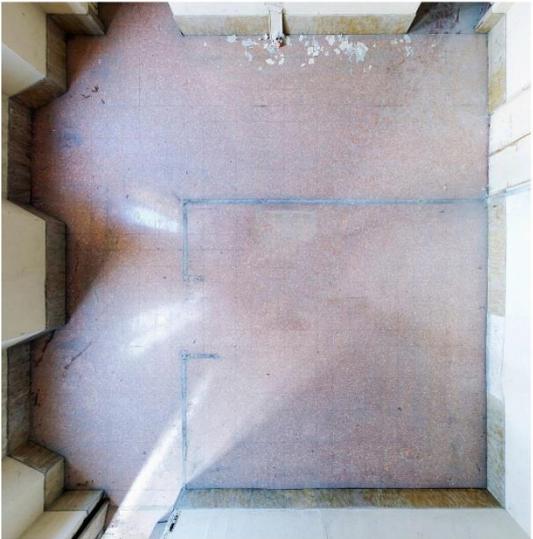
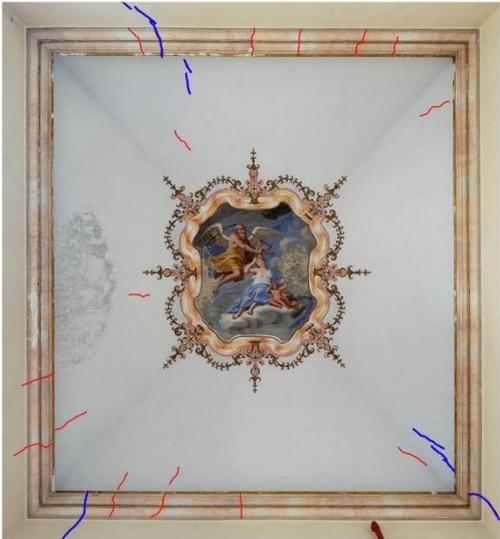


Sala 2B



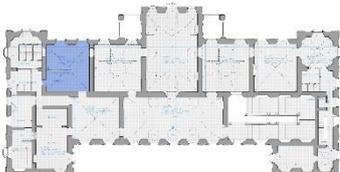


Sala 3



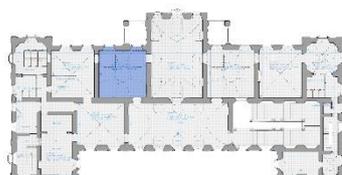
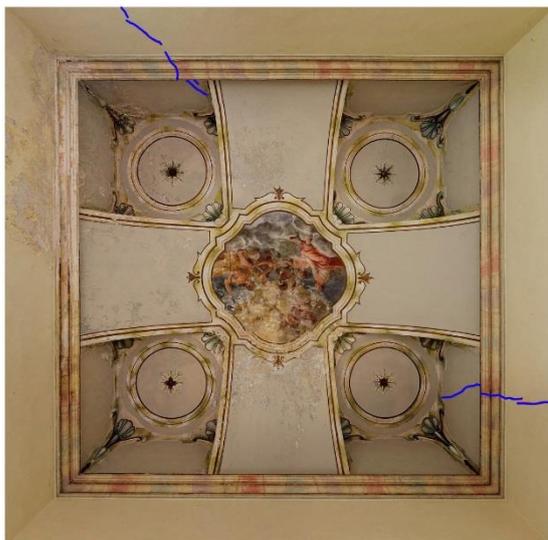
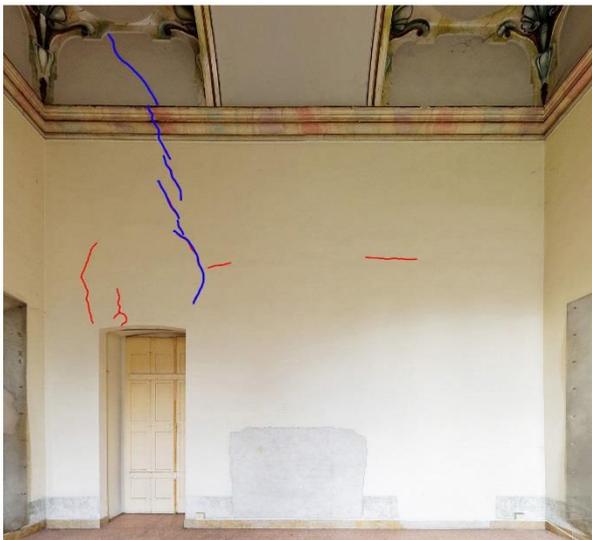


Sala 5



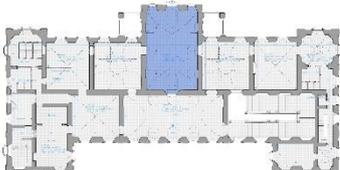


Sala 6



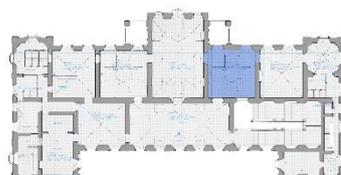
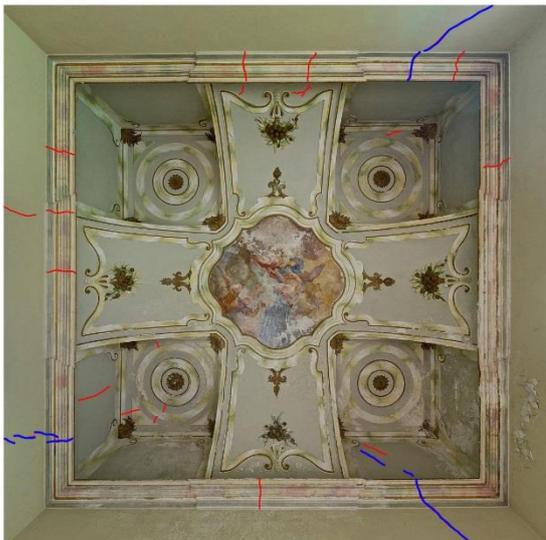


Sala 7



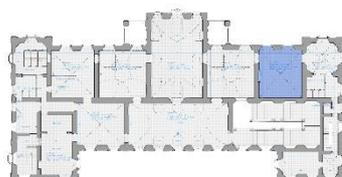


Sala 8



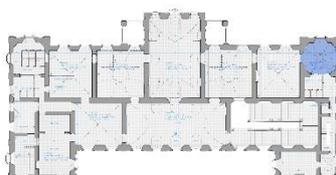
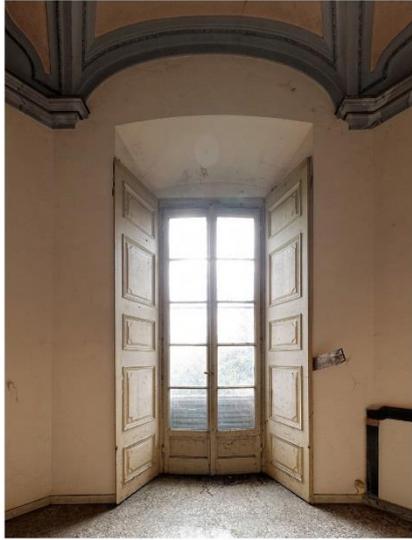


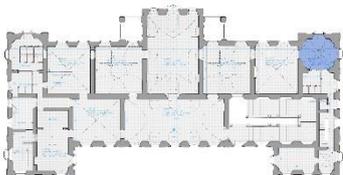
Sala 9





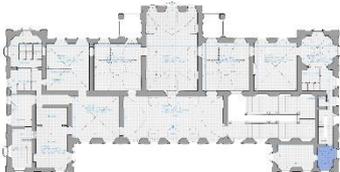
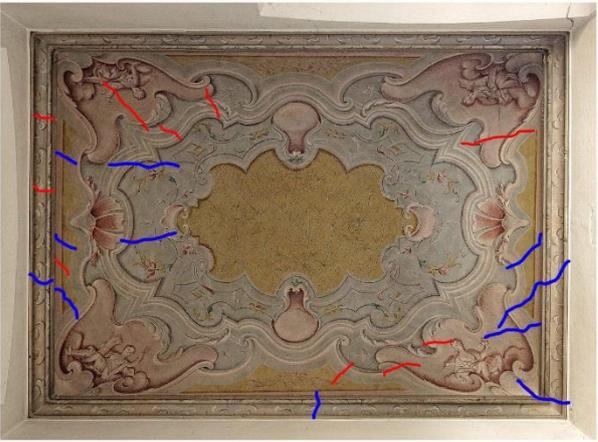
Sala 10





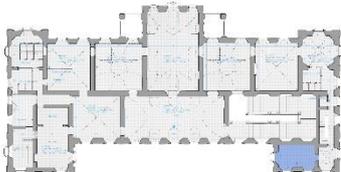
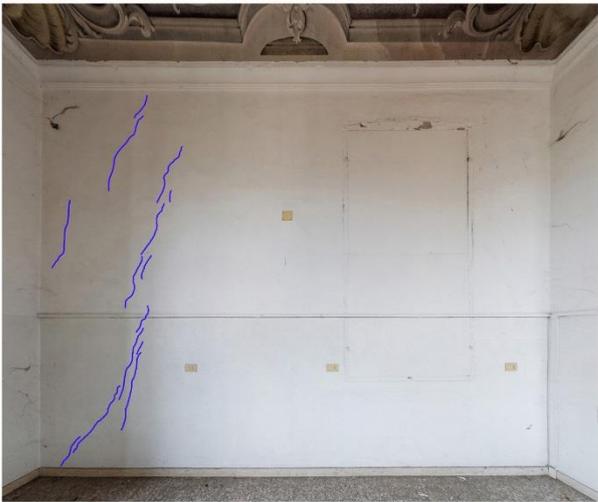


Sala 12





Sala 13





Sala 14

