
IL RIUSO DELL'ANTICO "STENDITOIO"
DELLA CHIESA DI S. CATERINA IN LUCCA

REUSE OF THE ANCIENT "STENDITOIO"
AT THE CHURCH OF ST CATHERINE IN LUCCA

L. JURINA
POLIMI, ABC

G. STOLFI
SOPRINTENDENZA BAPSAE DI LUCCA E MASSA CARRARA, LUCCA

L. LAMBUSIER
SOPRINTENDENZA BAPSAE DI LUCCA E MASSA CARRARA, LUCCA

V. E. MOGICATO
ARCHITETTO LIBERO PROFESSIONISTA, MONZA

S. Caterina's Church in Lucca represents one of the most interesting example of central-plan building. At first sight, several static and seismic interventions, such as masonry consolidation, were due because of the badly deteriorating conditions in particular, the dome, the roof's timber trusses and the slabs elements represented a priority. The choice of the consolidation materials have been carried out with outstanding care, so that the suitability with the original matter was protected and the maintenance process was simplified. For those reasons, timber, masonry and stainless steel have been used as structural materials. There is no unique conception about the "conservation" meaning; in any case, making an extra effort to maintain the original structural scheme, represent an unquestionable surplus value. Thus, solutions prioritizing "the new over the old" have, sometimes, been preferred, always with the aim of assuring a mutual connection between parts, and to obtain the so called "structural box behavior".

Storia e stato di fatto

La chiesa di Santa Caterina si affaccia sull'angolo formato tra la via del Crocifisso e via Vittorio Emanuele II, di fronte all'ex Manifattura Tabacchi, ed è situata all'interno della cortina che corrisponde all'originario convento delle Monache di Santa Caterina da Siena. All'inizio del XVIII secolo iniziano i lavori di ristrutturazione del nuovo monastero che prevedono la costruzione di una nuova chiesa, il cui progetto è affidato all'architetto lucchese Francesco Pini, allievo e collaboratore di Filippo Juvarra. Di particolare interesse è la soluzione di facciata che si innesta sull'angolo, risolvendo in maniera dinamica la dialettica con la strada e con la compagine monasteriale [Figure 1-3].

Lo spazio interno, a pianta ellittica, è scandito da sottili membrature architettoniche, che si articolano nella formazione della cupola, caratterizzata da un'elaborata decorazione pittorica di finte architetture con colonne, archi e balaustre alternativamente sporgenti e rientranti. L'architettura illusoria, che dilata e apre lo spazio, culmina nella visione oltre l'oculo, aperto alla sommità della cupola, dell'affresco della Gloria di Santa Caterina,

dipinto su supporto di incanniccio inchiodato ad una struttura di legno solidale alla copertura. Quasi un'apparizione, vivamente illuminata da fonti di luce nascoste, la Santa è rappresentata genuflessa sulle nubi, vestita dell'abito delle terziarie domenicane, con il velo bianco, circondata da angeli in volo, con la Trinità, la Madonna e i Santi protettori della città di Lucca [Figura 4].

La chiesa, soprannominata in città la "chiesa delle sigaraie", per le operaie che andavano lì a pregare prima di iniziare il lavoro nella vicina Manifattura Tabacchi, è rimasta chiusa per circa quarant'anni, fino al 2014.

La copertura si trovava in pessimo stato di conservazione e in precario equilibrio statico: gli elementi dell'orditura primaria e secondaria erano in fase avanzata di degrado e in parte risultavano già compromessi strutturalmente. Il manto di copertura risultava sconnesso e non garantiva più la protezione dalle acque meteoriche alla struttura lignea di copertura. L'affresco della Gloria di Santa Caterina aveva già subito un distacco e risultava in più parti fessurato. Il canniccio era marcescente a causa delle infiltrazioni di acqua.

L'interessamento del FAI (Fondo Ambiente Italiano) con l'iniziativa "I Luoghi del Cuore", ha portato un rinnovato interesse per la chiesa ed il Ministero BBCC ha attivato il processo di conservazione del monumento, stanziando un fondo per le opere, iniziate a metà del 2013.

Interventi di restauro

Il criterio ispiratore del progetto di restauro, anche per le particolari caratteristiche architettoniche, artistiche e strutturali, è stata la difesa dell'autenticità materiale dell'organismo architettonico, con ricadute anche nell'organizzazione e nell'operatività del cantiere, prevedendo i soli interventi che fossero realmente necessari secondo il criterio del "minimo intervento", e che fossero compatibili, durevoli e possibilmente reversibili.

Per focalizzare soluzioni ben calibrate e appropriate si è partiti da un iniziale percorso investigativo così da approfondire le conoscenze materiali e costruttive della chiesa.

La fase di conoscenza diretta, affrontata tramite un accurato rilievo, ha garantito una lettura sistematica dell'organismo architettonico; tale lettura è stata corroborata dall'analisi storica così da ritrovare nell'evoluzione della fabbrica la risposta ad alcune particolarità costruttive, come ad esempio la copertura non conclusa, la presenza di elementi costruttivi in luoghi particolari ed inaspettati, le colorazioni e i materiali lontani dalle tradizioni locali. Già nelle fasi iniziali ci si è avvalsi dell'apporto di diverse professionalità, e ciò ha garantito una sintesi critica delle informazioni acquisite così che le scelte progettuali operate sono state la espressione del bilancio conoscitivo finale.

Indispensabile è stata l'analisi diagnostica sullo stato di conservazione degli elementi lignei, condotta da LegnoDOC srl. L'analisi accurata è stata mossa dalla esigenza di non smontare il complesso di elementi di copertura, in quanto solidale con la struttura lignea del controsoffitto, formata da travi, centine, regoli e canniccio a volta ribassata, intonacato ed affrescato, corrispondente ad una parte residua del controsoffitto originariamente esteso quanto il locale di sottotetto.

Si sono effettuate estese indagini sui materiali destinate a programmare l'intervento di restauro delle superfici: analisi microstratigrafiche per la caratterizzazione degli intonaci, analisi al microscopio ottico sulle sezioni sottili ed opache delle decorazioni murali interne; le analisi mineralogiche in diffrattometria di polveri ai raggi X, per l'identificazione delle fasi cristalline; le analisi petrografiche per l'identificazione dei litotipi e dei trattamenti

superficiali dai materiali lapidei esterni.

Per determinare infine la compatibilità e i migliori criteri operativi, sono state eseguite prove di laboratorio sulla applicazione di malte adesive e sui rinforzi con sistemi compositi da applicare alla struttura lignea e al canniccio, supporto dell'affresco della Gloria di Santa Caterina.

L'intero processo progettuale ha visto il coinvolgimento di diverse competenze con un orientamento multidisciplinare tramite il quale si è garantita la "messa a sistema" di tutte le diverse attività da svolgere, coniugando gli aspetti tecnici e formali con quelli materici e dimensionali, definendo i dettagli delle lavorazioni e le loro tempistiche, e verificando di continuo gli esiti, anche sotto il profilo estetico, delle proposte operative.

Gli interventi di restauro sulle superfici architettoniche si sono diversificati a seconda della composizione materica, distinti in interventi di preconsolidamento, calibrata pulitura, consolidamento, reintegrazioni. L'intervento è stato indirizzato a ristabilire l'"unità potenziale" figurativa dell'opera, rispettando il passaggio del tempo e considerando la sensibilità scenografica e prospettica dell'originario impianto, dichiarandosi nel contempo come intervento dell'oggi, da inserirsi nel processo di trasmissione dell'opera d'arte al futuro [Figura 4].

L'intero percorso progettuale e di cantierizzazione è stato inserito nel SICAR, Sistema Informativo per la documentazione georeferenziata in rete di Cantieri di Restauro. In esso si sono registrate le fasi di lavoro attraverso immagini in formato digitale e dati tecnico-scientifici che, associati a quelli storico-artistici, hanno dato luogo a un corposo materiale documentario. Tali informazioni sono associate alla rappresentazione digitale del monumento dando la possibilità di mappare le aree direttamente in rete, su un'immagine misurabile dell'oggetto in corso di restauro. A cantiere concluso tutta la documentazione raccolta si trova in tal modo organizzata e archiviata e può essere consultata, a differenti livelli, da parte di tutti gli operatori del settore e degli utenti interessati.

La particolare conformazione architettonica della chiesa metteva a disposizione un comodo accesso ai locali del sottotetto tramite una scala a chiocciola interna in pietra. Questo, fin da subito, ha offerto lo spunto progettuale per un intervento complessivo di valorizzazione che assicurasse le migliori condizioni di fruizione pubblica dell'intero organismo architettonico con l'idea che il visitatore, dopo essere stato avvolto dalla spettacolare illusione delle architetture dipinte, potesse "svelare l'inganno", salendo nei locali del sottotetto ed arrivando ad osservare l'affresco della Gloria di Santa Caterina ad una vicinanza che emoziona, a godere del piacere di indagare da vicino le affascinanti tecniche costruttive della struttura di copertura, conservate fin nei dettagli delle originarie ferraglie, guardare la cupola in muratura con le sue nervature e poter leggere con chiarezza i nuovi interventi di consolidamento che, sinceramente dichiarati, affiancano le strutture storiche con le quali si rapportano, creando un nuovo equilibrio figurativo.

Interventi strutturali

Con l'obiettivo di coniugare le istanze della conservazione e le esigenze della sicurezza strutturale, il progetto di consolidamento e di miglioramento sismico è stato improntato su modalità di intervento poco invasive, scegliendo di non modificare le strutture originarie ma di aggiungere nuovi elementi da affiancare all'esistente, così da ottenere una redistribuzione di compiti tra nuovo ed antico. Tutto ciò nel rispetto dei principi della conservazione, tra cui la verifica della compatibilità fisico-chimica e meccanica,

la reversibilità, la distinguibilità, l'autenticità, senza trascurare il controllo estetico dell'intervento.

Sulla base delle indagini diagnostiche e dei sopralluoghi è emersa la necessità di effettuare interventi di consolidamento capaci di agire a due livelli: a scala locale, andando a risolvere i singoli problemi di dissesto, e a scala globale, cercando di conferire all'edificio il "comportamento scatolare" perduto, indispensabile per la sua sopravvivenza soprattutto in occasione di eventi sismici [Figura 2].

Una delle principali emergenze riguardava le strutture di copertura: l'orditura del tetto è costituita da due capriate lignee a doppio monaco, caratterizzate da sensibili deformazioni e accentuato degrado, su cui poggiano i puntoni che definiscono l'inclinazione delle falde. Su questi sono impostati travicelli che, a loro volta, portano pianelle in cotto.

L'intervento si è concentrato sulle due capriate lignee, già oggetto nel corso degli anni di interventi piuttosto grossolani con inserimento di puntelli appoggiati alla sottostante cupola, e sul pacchetto di copertura, cercando di rendere solidali i vari elementi. Il tetto così consolidato diviene un diaframma rigido e consente all'edificio, inteso come struttura scatolare, di risultare "chiuso" in sommità da un robusto coperchio.

All'estradosso delle pianelle è stata prevista una sottile cappetta di malta (15mm) rinforzata con rete in fibra di vetro, collegata alla sottostante orditura lignea con fiocchi unidirezionali, in fibra di carbonio. Questo intervento è volto alla trasformazione dell'orditura secondaria in una sorta di trave reticolare, dove i fiocchi creano il collegamento tra le fibre compresse (malta con FRP) e le fibre tese (costituite dalle travi lignee). I fiocchi in fibra lavorano egregiamente a trazione mentre la compressione viene assorbita da nuovi blocchi in legno, introdotti nell'intercapedine tra i puntoni esistenti e il manto di copertura. Il nuovo "diaframma di copertura" è vincolato con un sistema di tiranti, che partono dall'imposta del tetto, scendono biforcandosi inclinati verso l'interno, oltrepassano il nuovo solaio ligneo per poi ritornare verso il perimetro, dove si ricongiungono in corrispondenza dell'imposta della cupola.

Le due capriate, diverse per geometria e degrado, sono state consolidate con differenti sistemi.

(A) La prima capriata, situata al centro della copertura, mostrava un'evidente inflessione della catena, causata dai carichi puntuali trasferiti dai due monaci. Al momento del progetto erano presenti alcuni semplici puntelli lignei che si opponevano a questa inflessione, appoggiati "in falso" al degradato solaio di sottotetto. L'idea di utilizzare puntelli non è certo sbagliata, ma la posizione di quelli in essere (al centro dell'ambiente), costituiva un ostacolo alla percorribilità dello spazio. La soluzione realizzata, ispirandosi ai puntelli in essere, ha previsto l'inserimento di due nuovi puntelli lignei inclinati, di sezione 20x20 cm, che dalle pareti perimetrali su cui si appoggiano, salgono verso una posizione più centrale, riducendo la luce di appoggio della capriata. L'inclinazione permette di ingombrare in misura ridotta lo spazio visitabile di sottotetto. È stato poi previsto un sistema di "armatura" della capriata, realizzato con trefoli di acciaio, al fine di creare ulteriori due punti di appoggio della catena, in corrispondenza dei monaci.

(B) La seconda capriata, periferica rispetto alla prima, presenta un tamponamento in muratura interposto tra gli elementi lignei e tra il pavimento e la catena, e soffre localmente fenomeni di degrado causati dalle infiltrazioni di acqua dal tetto. Anche in questo caso erano presenti puntelli lignei a contrastare l'inflessione della catena, inglobati nel tamponamento. Visto che non costituivano ostacolo alla percorribilità dell'ambiente,

si è deciso di mantenerli in essere, insieme alla struttura lignea principale.

La soluzione di rinforzo ha previsto l'affiancamento alla capriata lignea di una nuova struttura metallica, facendo così collaborare nuovo ed antico. La nuova struttura si compone di due porzioni: una interna, lasciata a vista, e l'altra esterna, celata da un sottile strato di intonaco; esse sono collegate tra loro e alla capriata lignea interposta mediante perni, creando una nuova trave reticolare mista legno-acciaio.

Un altro tema molto importante, emerso dalla diagnostica del legno, era il forte degrado presente sulle travi di orditura principale del solaio di sottotetto a quota 13,20 m. Alcuni elementi presentavano un avanzato stato di degrado, tale da non essere più adeguati a garantire i carichi di progetto.

Si è optato per un intervento di consolidamento volto alla maggiore conservazione possibile sia degli elementi strutturali, sia della pavimentazione esistente in marmette di cotto. Le travi lignee sono state integrate con nuovi elementi in legno lamellare, di sezione 12x16mm, operando locali sostituzioni solo laddove lo stato di conservazione lo rendeva necessario.

L'orditura di travi insieme ad un profilo in acciaio perimetrale ad "L", costituiscono l'appoggio di un nuovo triplo assito incrociato, posato ad assi sovrapposte ortogonali, mutuamente chiodate. A completare il nuovo solaio vi sono bandelle metalliche disposte a "raggiera", che collegano le strutture lignee e metalliche. L'intero pacchetto di solaio diviene quindi un diaframma di piano con funzione di controvento. Al termine dei lavori è stato riposizionato il pavimento originario in marmette di cotto.

Sulle murature del sottotetto sono state inseriti due anelli di cerchiatura, lungo il perimetro interno, realizzati con trefoli di acciaio Ø16mm. Le cerchiature intendono opporsi alle spinte verso l'esterno esercitate dalla cupola e dal tetto inclinato. Tutti i trefoli sono a vista, così da essere facilmente manutenibili (in particolare è possibile controllarne il tesaggio) ma non risultano di forte impatto visivo, integrandosi con gli altri interventi di consolidamento [Figura 5].

Un particolare ed innovativo sistema di cerchiatura è stato progettato per il consolidamento della cupola ellittica, oggetto di un approfondito calcolo agli elementi finiti rivolto allo studio del comportamento sotto l'azione sismica [Tabella 1]. Sono state simulate sia le condizioni allo stato di fatto sia molteplici soluzioni di consolidamento possibili, che hanno indirizzato alla scelta di quella più adatta.

L'analisi è stata condotta in due step; una prima fase ha previsto l'uso di un modello parziale che prende in esame la sola cupola, come se questa fosse un elemento singolo, vincolato a terra. Nella seconda fase si è condotta l'analisi della risposta sismica della cupola considerando l'intera geometria dell'edificio. I sistemi di consolidamento analizzati sono tutti realizzati da trefoli di acciaio che, seguendo differenti geometrie, vanno a confinare la cupola ellittica.

Il primo sistema di consolidamento introdotto nel modello, per far fronte alle sollecitazioni sismiche, prevede l'uso di anelli di cerchiatura lungo i "paralleli", disposti su tre livelli, tesati a 10kN. Questo sistema è diffuso da secoli nel rinforzo di cupole grazie ai noti benefici in termini di riduzione degli sforzi di trazione, favorendo il comportamento a sola compressione.

Un secondo sistema inserito nella modellazione, di cui non si sono trovati esempi precedenti, prevede l'utilizzo di cavi radiali estradossali disposti in corrispondenza delle costole di nervatura, lungo i "meridiani", tesati a 10 kN. Questo sistema costituisce

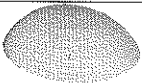





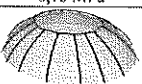

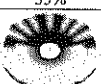



una interessante declinazione dell' "arco armato" proposto da Jurina (1999) e produce una azione di confinamento della cupola, limitando fortemente gli spostamenti in caso di azione sismica. Il consolidamento viene realizzato con la posa di trefoli in acciaio adiacenti alla superficie voltata ed ancorati efficacemente alla muratura di imposta (quota +11,40m) e al solaio di sottotetto (quota +13,20m), prima di essere sottoposti a trazione mediante tenditori.

Come è noto, applicare una trazione ai cavi comporta una contemporanea e duale compressione cerchiante sulla cupola, che migliora il suo comportamento statico.

Il terzo sistema studiato combina i due appena descritti, ovvero la cerchiatura ad anelli paralleli e l'uso di cavi radiali lungo le costole [Figura 6]

Entrambe le sperimentazioni numeriche (sia utilizzando il modello parziale semplificato che il modello completo), hanno messo in evidenza che, accanto alle tradizionali cerchiature lungo i paralleli, gli ulteriori cavi lungo i meridiani (gli archi armati) svolgono un ruolo importante soprattutto in termini di diminuzione degli spostamenti generati dall'azione sismica, tale da ridurli del 65% [Tabella 1].

Un ultimo intervento di consolidamento ha riguardato la torre campanaria in muratura. Il sistema adottato comprende profili perimetrali con funzione di cerchiatura, e profili metallici di controvento disposti a "V" rovescia, per lasciare liberi i varchi perimetrali da cui accedono i visitatori. All'interno della torre campanaria è stata introdotta una scala metallica a chiocciola, per collegare il solaio di sottotetto alla zona di imposta della cupola. Anche in questo caso le esigenze architettoniche sono state lo spunto per le soluzioni strutturali, realizzando una scala capace da fungere quale sistema di consolidamento del campanile stesso. Il montante centrale, realizzato con un tubolare metallico, è il *cardine* intorno a cui si sviluppano i gradini. Ciascuna pedata è poggiata su due profili portanti, ancorati da una parte al montante centrale ed intestati dall'altra nella muratura. La raggiera di profili metallici sviluppata intorno al montante, forma un sistema di cerchiatura in direzione radiale, che coincide con lo sviluppo della scala.

	Sforzo massimo a trazione	Area a trazione INTRADOSSO	Area a trazione ESTRADOSSO	Δ lungo x \perp sisma	Δ lungo y // sisma
Stato di fatto	 0,18 MPa	 66%	 75%	100 %	100 %
Cavi lungo i paralleli	 0,10 MPa	 42%	 55%	90 %	92 %
Cavi meridiani	 0,06 MPa	 38%	 42%	86 %	75 %
Cavi lungo i paralleli + Cavi meridiani	 0,05 MPa	 34%	 33%	76 %	66 %

sotto azione sismica Modellazione della sola cupola soggetta a sisma

Conclusioni

Il riuso dell'antico "stenditoio" della chiesa di S. Caterina in Lucca

La collaborazione tra architetti ed ingegneri, applicata ad un bene prezioso ed inconsueto come la chiesa di Santa Caterina in Lucca, ha consentito di realizzare soluzioni capaci di rispondere alle diverse esigenze, prima fra tutte la conservazione della materia storica. L'intervento di recupero è stato preso come spunto per creare nuovi percorsi che conducono ai luoghi più segreti e più "intatti" della chiesa, che nel luglio del 2014 sono stati aperti ai visitatori per consentire loro di osservare da vicino la grande macchina che sorregge la cupola ellittica ed i suoi preziosi affreschi.

Dati del cantiere: Progetto di restauro della Chiesa di Santa Caterina in Lucca
Soprintendenza BAPSAE Province di Lucca e Massa: soprintendente arch. Giuseppe Stolfi
Responsabile del procedimento: arch. Agostino Bureca
Progettista e direttore dei lavori: arch. Lisa Lambusier
Progetto strutturale e miglioramento sismico: prof. ing. Lorenzo Jurina
Direttore operativo lavori: arch. Laura Panzani
Coordinatore della sicurezza in fase di progetto e di esecuzione: arch. Giuseppe Monticelli
Stazione appaltante: Direzione Regionale Beni Paesaggistici ed Architettonici della Toscana
Imprese esecutrici: D66 srl - ARA restauri

Bibliografia

- L. Jurina, *Strutture in elevazione*. In "Almanacco dell'Architetto (da un'idea di Renzo Piano)", Bologna 2012.
- L. Jurina, *Tecniche di consolidamento dei monumenti: una panoramica attuale*. In "Atti di IF-CRASC '12, V Convegno su Crolli, Affidabilità Strutturale, Consolidamento", Pisa 2012.
- P. Betti, *Affreschi a Lucca, chiese palazzi ville (1670-1770)*, Lucca 2007.
- F. Farneti, Lenzi D. 2006, *Realtà e illusione nell'architettura dipinta, quadra turismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*, Firenze 2006.
- L. Jurina, *Una tecnica di consolidamento attivo per archi e volte in muratura*, In "International Symposium on Seismic Performance of Built Heritage in Small Historic Centers", Assisi 1999.
- P. Fancelli, *Il restauro dei monumenti*, Firenze 1998.
- C. Brandi, *Teoria del restauro*, Torino 1997.
- Archivio di Stato di Lucca, ASL, Perizie Lucca, sezione C3 detta del Terziere S. Donato.



Fig. 1 - La Chiesa di Santa Caterina a Lucca prima dell'inizio del cantiere

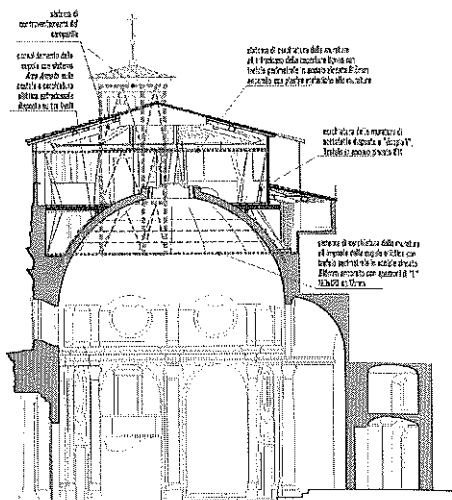


Figura 2. Sezione A-A della Chiesa di Santa Caterina a Lucca - Interventi di consolidamento

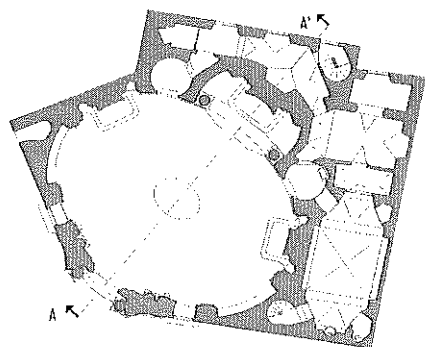


Figura 3. Planimetria della Chiesa di Santa Caterina a Lucca. Piano terreno

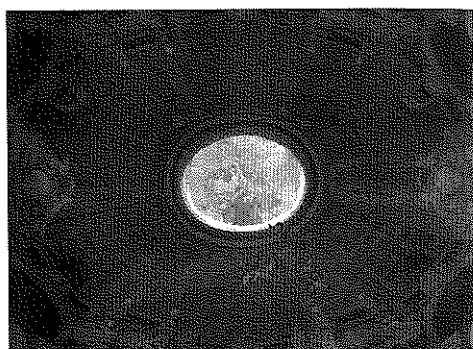


Figura 4. Vista della cupola ellittica e dell'affresco restaurato della Gloria di Santa Caterina

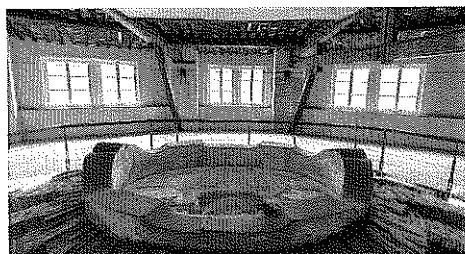


Fig. 5 - Nuovo solaio a quota + 13,20m, con vista sulle cerchiate e sulla capriata (A)

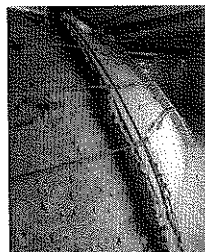


Fig. 6 - Intervento di rinforzo della cupola ellittica con trefoli di cerchiatura paralleli e meridiani