



Alfonso Pisciotta

LA RIQUALIFICAZIONE IMPIANTISTICA NEGLI
EDIFICI STORICI

*Tesi di Dottorato
XXVI ciclo*

*Il Coordinatore
Prof. Ing. Luciano Rosati*

tutor: Prof. Ing. Pasquale Petrella

*co-tutors: Prof. Ing. Maurizio Nicolella
Ing. Domenico Trisciunglio*

==== *Dottorato di Ricerca in Ingegneria delle Costruzioni* ====
- Recupero edilizio ed Innovazione tecnologica -

1 Una visione unitaria della progettazione

1.1 VERSO UNA PROGETTAZIONE INTEGRATA

1.1.1 *Convergenza nella progettazione*

“Quando ci si occupa di impianti, intesi come parte di un complesso funzionale, è indispensabile procedere ad analisi approfondite, evitando discrasie fra i presunti prim’attori che possono contribuire al concepimento dell’opera”¹.

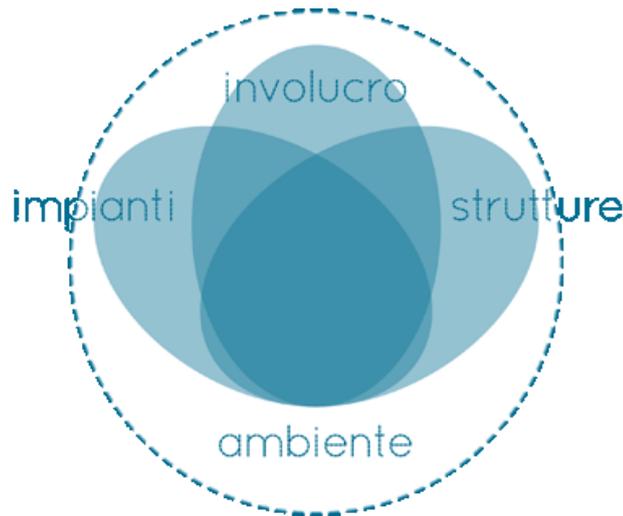
Per comprendere che cosa è il progetto oggi, risulta fondamentale comprendere il valore dello stesso nel passato, visto come sintesi delle esperienze e delle culture, espressione massima di competenze confluenti in una realizzazione omogenea. L’edificio del passato, anche se considerava a malapena concezione ed esistenza dell’impianto, risultava essere unità progettuale in cui ogni soggetto appartenente a qualsivoglia maestranza era indispensabile per la riuscita finale del prodotto. Oggi, invece, si è passati dall’edificio “murario” a quella macchina per abitare in cui l’insieme impiantistico tende a conquistare la maggior parte del valore intrinseco dell’opera.

Il passaggio è stato repentino, meno di cinquant’anni, mentre la fase intermedia, che occupa larga parte del presente fino agli anni novanta del

¹ G. Bearzi e V. Bearzi, *Architettura degli impianti, Da una ricerca esemplificativa nel passato una prospettiva per il prossimo futuro*, tecniche nuove, Milano 1997, pag. 152

secolo scorso, vede i progettisti d'impianti agire a ruota libera, non essere presenti al confronto progettuale e, comunque, non senza scambio di veleni con i colleghi edili e con divisioni che paiono aumentare anziché ricomporsi.

E' accaduto che un nuovo progettista, protagonista della realizzazione dei servizi e delle funzioni, ha in pochi anni messo a disposizione dell'arte del costruire un insieme di tecniche e di cultura quanto meno inatteso, ricoprendo pareti e solai di terminali impiantistici fino al punto di lasciare perplesso lo stesso architetto, il quale oggi, ha l'obbligo di dialogarci senza trincerarsi nella propria specializzazione².



Concept: la progettazione integrata

Lo stesso accade negli edifici di pregio, dove risulta di fondamentale importanza, l'equilibrio tra le professionalità in campo, soprattutto tra la figure del restauratore e del tecnico impiantista. Infatti, se è vero che la finalità a cui tendere deve essere il rispetto e la conservazione della fabbrica, è vero che questa si può conseguire solo col dialogo professionale, mediante, quindi, un confronto in cui non vi è prevaricazione di alcuna idea dovuta per lo più alla formazione disciplinare e alla competenza specifica.

² G. Bearzi e V. Bearzi, *Architettura degli impianti, Da una ricerca esemplificativa nel passato una prospettiva per il prossimo futuro*, tecniche nuove, Milano 1997

Al restauratore è richiesta una maggiore e diversa preparazione, capace di far superare ogni posizione rinunciataria nei confronti degli aspetti tecnici dell'intervento, così al tecnico impiantista l'impegno di definire qualità e dimensionamento dei macchinari, delle reti e canalizzazioni, delle modalità e procedure tecniche di realizzazione, non subendo, come avviene talvolta, illogiche scelte delle ditte esecutrici.

Il responsabile del restauro dovrà promuovere, dunque, un dialogo intenso e continuo con lo specialista degli impianti, partecipando attivamente a tutte le decisioni progettuali, dalla selezione dei sistemi alla scelta delle componenti, dall'individuazione dei percorsi delle reti alla definizione delle qualità tecniche e formali delle installazioni, facendo prevalere, innanzitutto, le esigenze della fabbrica, orientando ogni scelta in favore del massimo rispetto dell'edificio.

Le due diverse matrici culturali, l'una estetico - umanistica - storica, l'altra tecnologico - funzionale, hanno stentato a convivere sul piano logico, portando in molti casi ad opere incomplete o, quantomeno, non rispondenti del tutto ai bisogni dell'uomo in quanto fruitore.

Ciò che è venuto a mancare, in questa fase di profondo cambiamento è, dunque, l'unità progettuale, caratteristica costante dell'architettura del passato, benché ci sia la necessità di uniformare tale unità alle attuali leggi, alle sempre più competitive regole del mercato e, comunque, all'innovazione tecnologica.

Oggi il progetto deve partire e finire ad un tavolo di confronto in cui non ci sia alcun tipo di antagonismo, ma confluenza delle attuali competenze verso un ritorno al passato, ovvero verso un'unità progettuale.

1.1.2 *Il cantiere nell'opera di restauro*

L'analisi diretta degli edifici, fonte primaria di informazioni anche per la progettazione impiantistica, non sempre è agevole da condurre.

Trattandosi di edifici di pregio risalenti ad epoche remote, risulta più che ardua la fase di indagine sulla documentazione tecnica dell'opera e, spesso, inattuabile quando non vi è stato alcun adeguamento funzionale. Data l'insufficienza dei dati conoscitivi del corpo di fabbrica, è opportuno, pertanto, che negli elaborati progettuali, soprattutto per ciò che riguarda la posizione delle tubazioni o canalizzazioni, vengano contemplate una o più alternative al

tracciato ipotizzato, di modo da prevenire possibili problemi in corso d'opera con probabile aumento dei costi.

A cantiere avviato, con l'instaurarsi delle condizioni migliori per cogliere i dettagli costruttivi nella loro specificità, si potranno meglio verificare e, nel caso, modificare le ipotesi progettuali che, per quanto dettagliate, raramente riescono a raggiungere un grado soddisfacente di completezza.

Pertanto, la disciplina del restauro, intesa come ogni “operazione tecnica che ha lo scopo di riportare in uno stato di buona conservazione e leggibilità un bene culturale e artistico”³, deve leggere i momenti della progettazione e della realizzazione sullo stesso canovaccio, senza disgiungerli in contesti separati e campi d'azione autonomi.

Mai come per l'intervento di restauro, evidentemente anche impiantistico, l'ideazione e l'azione devono coniugarsi in un tutt'uno nel cantiere, unico luogo dove elementi, parti o strutture prima irraggiungibili o non indagabili, possono osservarsi grazie al diretto contatto con l'edificio.

Il momento progettuale deve trarre continue possibilità di perfezionamento dalle informazioni che si vanno raccogliendo nel cantiere, e il cantiere va inteso quale preziosa occasione per adattare al meglio le ipotesi formulate nel progetto, per ridurre il loro impatto nei confronti dell'edificio. Se nel restauro la fase progettuale può considerarsi conclusa solo con il completamento delle opere realizzate nel cantiere, l'apertura del cantiere stesso trova di fatto coincidenza con l'avvio della progettazione, fondandosi questa su campagne d'indagine, rilievi, ispezioni che richiedono azioni dirette sul corpo del manufatto.

L'intervento sul costruito, perciò, esige dal direttore dei lavori non solo un'assidua frequentazione del cantiere, ben maggiore di quella normalmente richiesta dalla costruzione del nuovo, ma anche un impegno qualitativamente diverso, di costante verifica, precisazione, ritocco delle scelte di progetto.

In materia specifica d'impianti il responsabile del cantiere è chiamato ad esercitare una particolare attenzione nelle fasi di formazione delle parti periferiche delle installazioni. Le informazioni sulla costituzione fisica della fabbrica raccolte col procedere dei lavori, infatti, sempre che la progettazione sia stata ben impostata e condotta, non dovrebbero influire sulle scelte

³ Sabatini F., Coletti V., *Dizionario della lingua italiana*, Sansoni/Rcs Libri, 2008

generali definite negli elaborati impiantistici; gli eventuali aggiustamenti riguarderanno soprattutto il percorso dei tratti terminali delle tubazioni e canalizzazioni e la posizione delle derivazioni, prese, pulsantiere ecc., al fine di perseguire il miglior adattamento possibile alle puntuali condizioni materiali offerte dalle membrature e finiture dell'edificio⁴.

1.1.3 *Il ruolo della programmazione*

Si vive in un'epoca in cui la salvaguardia del patrimonio artistico e culturale è un argomento di grande attualità, dove ancora poco si programmano provvedimenti di ampio respiro e con finanziamenti adeguati.

L'UNESCO ha finora riconosciuto un totale di 981 siti (759 beni culturali, 193 naturali e 29 misti) presenti in 160 Paesi del mondo. Attualmente l'Italia è la nazione che detiene il maggior numero di siti (49) inclusi nella lista dei patrimoni dell'umanità⁵.

Questa concentrazione, le problematiche connesse alla conservazione e alla fruibilità, e, la mancanza, ancora oggi, di un progetto serio e di relativi investimenti nel settore, rendono questo tema estremamente interessante per le sue implicazioni nell'area dell'impiantistica elettrica italiana ed europea.

In realtà la volontà di salvaguardare la propria storia, la propria cultura e quindi, la propria identità, è sempre più forte e motivata sia a livello istituzionale che a livello popolare e, determina così, uno dei rari casi di convivenza tra visione artistica e interesse economico.

Bisogna dire, però, che tradurre nei fatti tale buona volontà, soprattutto in un settore come questo, risulta essere non poco problematico, dato che a volte gli interventi, anche se eseguiti nel migliore dei modi, possono provocare degli irreparabili disastri.

Dunque, nulla deve essere lasciato al caso, ma sono necessari interventi organici, razionali e massicci, come:

⁴ M. Piana, *Predisposizione di soluzioni alternative*, in *Restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, vol. VII tomo primo, Utet, Torino 2001

⁵ fonte UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) *World Heritage List*

- programmi determinati ed eseguiti dalle istituzioni preposte, e che, inoltre, stabiliscono le priorità di intervento e le modalità di controllo;
- progetti elaborati da progettisti che possiedono una visione interdisciplinare delle problematiche;
- maestranze in grado di operare correttamente sui restauri artistici e sugli aspetti tecnologici dell' intervento;
- finanziamenti adeguati.

Solo con l' armonizzazione e la migliore professionalità di questi aspetti, si può ottenere un intervento davvero efficace, finalizzato sia alla salvaguardia delle opere nel tempo, ma anche ad una maggiore e migliore fruibilità di esse da parte del pubblico.

Il tema della fruibilità è importantissimo, perché è necessario che essa avvenga sempre nelle condizioni di massima sicurezza possibile, sia per le opere artistiche sia per i visitatori.

Ecco perché sono sempre più frequenti le iniziative istituzionali tese alla formazione dei tecnici del restauro, all' approfondimento della scienza delle costruzioni e della conservazione e delle normative specifiche riguardanti i vari aspetti della sicurezza edile e della tecnologia impiantistica.

Proprio per quanto riguarda quest'ultimo argomento, la realtà è molto scarsa e pericolosa, soprattutto per gli impianti elettrici, come confermano i numerosi incidenti che si sono verificati negli ultimi tempi e che hanno causato la perdita, non solo di edifici storici e beni artistici, ma anche di vite umane.

Ogni volta che si affronta il tema della sicurezza è presente attivamente il CEI. Esso, per quanto riguarda le problematiche più importanti ed urgenti, nel settore dell'impiantistica elettrica, si è posto il quesito di come affrontare la questione.

I principi ispiratori sono principalmente quelli di salvaguardare il più possibile le parti di un edificio pregevole dal punto di vista storico o artistico, realizzando impianti elettrici il meno invasivi possibile. Ovvero si cerca di evitare scanalature, forature, incollaggi, ecc., in modo da lasciare intatta o

ripristinabile nelle condizioni originarie, la zona interessata dall'impianto elettrico.

A questo principio guida fanno seguito altri: sicurezza equivalente, si cerca di poter realizzare impianti riutilizzando conduttori o componenti esistenti, magari antichi loro stessi che, grazie ad una serie di aggiustaggi e precauzioni, garantiscono lo stesso livello di sicurezza di componenti nuovi, rispondendo così alle normative; realizzazione di impianti mobili, cioè di condutture e apparecchiature semplicemente appoggiate al pavimento, dunque senza fissaggio, anche dove il pubblico transita e si sofferma. Anche in questo caso è necessario seguire una serie di prescrizioni, in modo da avere una situazione di sicurezza equivalente a quella di un impianto fisso.

Inoltre bisogna aggiungere che, data la particolare delicatezza e unicità di questi ambienti o edifici, sono stati introdotti criteri di sicurezza maggiorata in relazione ad alcuni specifici problemi, come ad esempio: vibrazioni dovute a gruppi elettronici in funzione, fumi opachi o corrosivi determinati da fenomeni tecnici o elettrochimici.

In questi casi vengono previsti degli impianti di illuminazione di sicurezza con particolari prescrizioni tese alla salvaguardia sia delle persone che possono trovarsi in situazioni particolari, come un pavimento molto accidentato e quindi pericoloso, in caso di illuminazione scarsa, ma anche delle opere d'arte che potrebbero essere danneggiate e trafugate in situazioni di emergenza.

1.2 TRA PASSATO E PRESENTE

1.2.1 La lezione di Vitruvio

« *Haec autem ita fieri debent, ut habeatur ratio firmitatis, utilitatis, venustatis.* »

« *In tutte queste cose che si hanno da fare devesi avere per scopo la solidità, l'utilità, e la bellezza.* »

(Marco Vitruvio Pollione, *De Architectura*, liber I, 2)

L'architettura è la miglior espressione della comunità, o meglio, è il modo più illustrare che la società civile, in un determinato contesto storico, possiede per tramandare sviluppo sociale, politico, culturale.

Di ciò ne era fortemente convinto Vitruvio che, in un momento storico in cui la città di Roma stravolge completamente il suo volto e la sua fisionomia, scrive un trattato in X libri in cui invita tutti a riflettere sulla qualità dell'architettura. Il *De Architectura* non si può comprenderlo se non trasportandosi nel 25 a.C., periodo in cui l'imperatore Augusto, a cui era dedicato il trattato, progettava un rinnovamento generale nominando Agrippa, suo generale, responsabile dell'attuazione della politica edilizia. Una politica che ha portato alla realizzazione di terme, giardini, parchi, acquedotti, strade, tutte opere che non dovevano avere il carattere della provvisorietà, ma essere capisaldi della memoria civica in quanto portatori dei 3 valori, meglio conosciuti come triade vitruviana.

La *firmitas* è la solidità in quanto sostegno, che permette all'architettura di non crollare ma durare nel tempo, la *utilitas* è l'utilità in quanto funzione portatrice di benessere quanto mai a passo coi tempi, la *venustas* è la bellezza, espressione di una civiltà, quella che i tedeschi chiamano "*sachlichkeit*"⁶ cioè l'espressione dell'identità culturale della collettività.

A questi concetti ne va aggiunto un altro per chiudere il cerchio della qualità: la *concinntas*.

⁶ traduzione in lingua italiana: oggettività, obbiettività, equanimità

Ne parla, dopo un attento studio di Vitruvio, Leon Battista Alberti nel XV secolo, sostenendo l'importanza dell'ordinare secondo leggi precise le parti che altrimenti per propria natura sarebbero ben distinte tra loro; è la legge di armonia naturale a cui deve tendere l'architettura soltanto attraverso il rispetto degli elementi, delle competenze, delle proporzioni, dell'equilibrio.

Risulta evidente come queste parole non hanno età, nascono in un particolare contesto, ma appartengono alla Storia, quindi, oggi, appartengono a noi.

1.2.2 *Un indirizzo da seguire*

L'architettura, come l'ingegneria del resto, intesa come “arte del costruire”, non può prescindere da tutte quelle discipline che, solo se intrecciate, rendono il progetto un prodotto a “regola d'arte”.

Era il 1970 quando Renzo Piano, poco più che trent'enne, decise di gridare al mondo intero che il linguaggio architettonico non è composto di *spots* e pubblicità, come la globalizzazione aveva indotto a pensare, ma di scelte, studi, analisi che avevano l'obbligo di non nascondere quegli elementi che fino ad allora rappresentavano dubbi e impicci di progettazione.



Il Centro nazionale d'arte e di cultura *Georges Pompidou*, Parigi

La scatola muraria che costituiva l'edificio tradizionale è qui sostituita dagli elementi tecnici e impiantistici che ne diventano il linguaggio, esaltati dalle grandi dimensioni e dal colore. Ogni colore caratterizza un elemento con propria funzione: serpenti trasparenti per le scale mobili, tubature azzurre per l'impianto idrico, verdi per l'areazione, gialle per l'impianto elettrico e rosse per gli ascensori.

Ecco che l'impiantistica, prima ancora della struttura, acquisisce un proprio ruolo cardine all'interno di quella progettazione da tanti acclamata come integrata. Nella pratica progettuale di solito architettura e impianti percorrono strade parallele che spesso si scontrano al momento della realizzazione, quando l'impiantista deve ricavare cavedi e vani tecnici da forme architettoniche in cui non erano previsti.

Purtroppo, spesso, si ricorre all'impiantistica per risolvere errori progettuali e non per contribuire alla riuscita finale della costruzione garantendo ambienti

confortevoli, vivibili, con bassi consumi energetici fin dai primi momenti dell'elaborazione di un nuovo progetto.

Quindi, risultano di fondamentale importanza, lo studio dell'esposizione al sole e ai venti, le analisi geologiche per individuare l'eventuale presenza di sorgenti o falde acquifere, lo studio del verde per l'ombreggiatura, al fine di progettare una costruzione con minor consumo energetico e impatto ambientale.

In particolare il progettista deve valutare la coerenza spaziale tra i sistemi impiantistici ed il sistema architettonico, evitando che:

- le unità impiantistiche distribuite nell'edificio (unità di zona per il trattamento dell'aria, quadri elettrici di zona, centralini dei sistemi di controllo termico, antincendio, antifurto) si dispongano in maniera disordinata in tutti gli spazi occupandone porzioni non marginali, ma spesso strategiche, oppure che in fase esecutiva vadano ad occupare locali di servizio previsti per altri usi;
- le reti impiantistiche incassate nelle strutture vengano posate casualmente, con la conseguenza di moltiplicare le forature di solai e pareti, e maggiore probabilità che la posa delle condutture avvenga in luoghi non adatti ai fini della manutenzione, o per il rispetto delle prescrizioni di sicurezza antincendio;
- le reti impiantistiche posate a vista (canali di ventilazione e condizionamento, canaline per impianti elettrici, elettronici e controlli), abbiano una collocazione che interferisca con strutture, finestre, porte, impianto di illuminazione;
- i terminali degli impianti termico, illuminotecnico, sonoro (radiatori, bocchette, anemostati, apparecchi illuminanti, segnali luminosi e non, sensori di temperatura e umidità, sensori di fumo, altoparlanti), abbiano collocazione non ordinata o interferiscano con alcuni aspetti formali caratterizzanti lo spazio interno.

Non si può non vedere l'architettura e l'impiantistica all'interno di un management generale basato sul confronto di molteplici competenze tecniche che hanno l'obbligo di dialogare per l'armonia del progetto.

1.2.3 *L'innovazione legislativa*

Il cambiamento progettuale verso una visione unitaria e interdisciplinare del progetto è conseguenza logica di una rivoluzione sociale che, nei primi anni Novanta, pone al centro della politica un'attenzione, fino ad allora inedita, verso i diritti del cittadino portati alla ribalta da un numero sempre più crescente di infortuni domestici.

La rivoluzione sociale porta al centro del progetto il suo utente e, quindi, l'esigenza di soddisfare una serie di bisogni primari e irrinunciabili, come: comfort termico, approvvigionamento idrico, illuminazione, qualità dell'aria, sicurezza, smaltimento acque reflue.

“Si è cominciato a recepire la necessità di considerare il complesso impiantistico quale parte stessa dell'architettura e della correlata mediazione collaborativa tra tutti i diversi soggetti che prendono parte all'iter progettuale, di modo che il progetto non costituisce più un' intuizione eccezionale, bensì entra progressivamente, per quanto a fatica, nella prassi”⁷.

Interpretando il momento, non si fa attendere l'azione riformatrice del Legislatore il quale, recependo le direttive europee, si pone il problema di attenuare i tragici effetti delle facilonerie impiantistiche e improvvisatrici inducendo al razionale impiego dell'energia.

A breve distanza l'una dall'altra hanno visto la luce due leggi fortemente evolutive, la 46/90 e la 10/91, recanti disposizioni volte anche alla modifica comportamentale dei diversi partner affacciati al contesto impiantistico.

La legge 46/90, abrogata e sostituita dal D.M. n. 37 del 2008, sulla sicurezza sugli impianti, impone il deposito dei progetti prima del rilascio della concessione edilizia, l'attuale permesso a costruire, ossia contestualmente rispetto al progetto edilizio, che risulta non essere più slegato dal progetto impiantistico, a tutto vantaggio dell'adeguatezza dei vani tecnici, del percorso delle reti e, in generale, della sicurezza. Per la prima volta questa legge determina l'obbligo di possesso di requisiti tecnico - professionali per tutti coloro che a titolo professionale maneggino impianti, prima, infatti,

⁷ G. Bearzi e V. Bearzi, *Architettura degli impianti, Da una ricerca esemplificativa nel passato una prospettiva per il prossimo futuro*, tecniche nuove, Milano 1997, pag. 160

chiunque, anche senza specifica esperienza, poteva intraprendere l'attività di installatore o di manutentore di impianti. La legge determina quali siano questi requisiti, l'obbligo di munirsi di un certificato di riconoscimento rilasciato da una apposita commissione nominata dalla giunta della camera di commercio e le condizioni per il riconoscimento. Inoltre, la legge dispone che la redazione di ogni progetto per l'installazione, la trasformazione e l'ampliamento degli impianti, sia esclusiva competenza di professionisti iscritti in albi professionali, obbligati a realizzarli a regola d'arte, in conformità alle leggi vigenti e ad alcune normazioni tecniche private, come le norme tecniche di sicurezza dell'Ente italiano di unificazione (UNI) e del Comitato elettrotecnico italiano (CEI). Si stabilisce inoltre, il diritto del committente e l'obbligo dell'installatore ad una dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme necessario al rilascio del certificato di abitabilità, di agibilità e del certificato prevenzione incendi (CPI).

Non grande differenza si trova nella legge 10/91, "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" che stabilisce l'obbligo di deposito del progetto degli impianti termici prima dell'inizio dei lavori: in particolare, va apprezzata la struttura regolamentare di questa legge, poiché il complesso del dispositivo fa comparire per la prima volta sullo scenario legislativo il concetto dell'insieme indissolubile edificio - impianto, intrecciando il calcolo termico del primo con l'efficienza medio stagionale del secondo. L'obiettivo è di comporre un sistema complessivo per abitare rispondente ai requisiti fondamentali di sicurezza, comfort e impiego razionale dell'energia. La legge nasce con l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento; nonostante già negli anni ottanta ci fossero linee di pensiero che convergevano verso questa direzione, questa è la prima che mette una pietra miliare su quella che sarà in futuro tutta la politica del risparmio energetico. Nel contesto di un piano energetico nazionale, il legislatore divide l'Italia per aree geografiche, in zone climatiche classificandole con periodi precisi di esercizio (A, B, C, D, E, F): ogni periodo prevede determinate temperature. La legge propone un percorso per la valutazione del bilancio energetico invernale di un edificio in cui vi sono apporti di calore e dispersioni di calore: la loro somma algebrica rappresenta il

bilancio energetico. Per far sì che questo bilancio sia attivo, cioè l'interno dell'edificio sia più caldo dell'esterno, è necessario spendere dell'energia per ottenere una determinata temperatura prefissata, 21 °C.

Il cambiamento è sostanziale, specie per l'interdisciplina innescata dalle due leggi citate, tale che l'azione di ciascuna delle parti in causa è concatenata con quella degli altri partner in modo che il cerchio della qualità si chiuda.

Un cambiamento che ha visto una forza propulsiva nel gennaio 1993, quando l'Italia entra in Europa venendo a contatto con movimenti e organizzazioni per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela dei diritti del consumatore in un ambito territoriale che va ben oltre i confini nazionali⁸.

Ecco che il cittadino – utente viene posto al centro della politica dal Legislatore con il conferimento degli incarichi professionali a soggetti di provata idoneità tecnica che hanno enormi responsabilità, civili e penali, sulla prestazione d'opera e sul rilascio della dichiarazione di conformità.

Se da un lato il Legislatore pone l'attenzione sulla dicotomia tra garanzia/utente, responsabilità/professionista, dall'altro getta le basi su un tema che oggi è di forte attualità: il contenimento dei consumi attento al mutare delle fonti energetiche disponibili, come lo erano prima legna e carbone, ora vento e sole.

⁸ G. Bearzi e V. Bearzi, *Architettura degli impianti, Da una ricerca esemplificativa nel passato una prospettiva per il prossimo futuro*, tecniche nuove, Milano 1997, pp. 160-162

1.3 L'INVOLUCRO EDILIZIO E GLI IMPIANTI

1.3.1 *Il sistema impiantistico nell'edilizia storica*

Ogniqualevolta si affronti un adeguamento o un rinnovo delle dotazioni impiantistiche d'un edificio storico, bisogna chiedersi quale sia la migliore strategia di intervento, assumendo quali principi ispiratori: l'efficacia e il minor impatto sul corpo di fabbrica ed il rispetto storico – culturale dello stesso. È da questo interrogarsi che il professionista si mette in discussione, formula dubbi e risposte che misureranno il livello di qualità del prodotto, ma soprattutto il grado di sensibilità e di rispetto nei confronti dell'eredità del passato.

Risulta essere indiscutibile il fatto che operare su un bene architettonico costituisce un potenziale pericolo per la sua vita, infatti, canalizzazioni, tubi, cisterne, centrali, cavedi, fori e tracciamenti, possono solo che accrescere le manomissioni delle finiture edilizie, talvolta intaccando le strutture portanti provocando dissesti. Tale il caso dei soffitti a tenuta richiesti per i vani che ospitano caldaie di grande potenza o degli irrobustimenti di solai non concepiti per sopportare il carico di macchinari pesanti; i serbatoi interrati o le fosse settiche, ricadendo nel sedime dell'edificio, spesso devono essere collocati in contiguità alle fondazioni, con scavi di terreno e lavori che incidono pesantemente sugli equilibri strutturali della fabbrica; le reti di distribuzione dell'energia e dei fluidi, interagiscono nei loro ramificati percorsi con pareti, pavimenti, soffitti.

I danni talvolta sono lievi, come nel caso del trasporto di particellato, che radiatori o lampade dei fari di illuminazione depositano su pareti, soffitti, affreschi, stucchi o decorazioni, macchiandoli, talora sono gravi, interessando il sistema costruttivo – tecnologico della fabbrica. Ne sono l'esempio le fessure sui supporti lignei, le variazioni dimensionali delle capriate, le fratture che investono travi e tavolati, dovute alla dilatazione termica di un materiale da costruzione, usato fin dall'antichità, come il legno, soggetto ad un ritiro per perdita di umidità o ad una dilatazione per assorbimento di umidità.

Un altro problema frequente da non sottovalutare è legato all'umidità, quindi, ai processi di scambio tra il sistema involucro edilizio e l'esterno.

La questione può essere di diversa natura, comuni sono i casi di umidità capillare ascendente dal terreno di fondazione o da una falda acquifera che favorisce la formazione di dannose efflorescenze saline facilitata da un ridotto tasso d'umidità relativa, dovuto agli impianti di riscaldamento.

La diversa temperatura dell'aria contenuta nell'edificio e nelle superfici interne del perimetro murario, può altresì favorire le condizioni atte all'instaurarsi del fenomeno della condensa: l'acqua che si deposita sui paramenti, più freddi perché in relazione diretta con l'ambiente esterno, da un lato partecipa attivamente ai cicli di cristallizzazione salina, dall'altra veicola sulle superfici investite dal fenomeno le sostanze inquinanti presenti nell'aria, a loro volta fonte di reazioni chimiche dannose per i materiali lapidei e litoidi.

Accanto ai citati problemi dovuti all'installazione degli impianti, non si possono tralasciare quelli dovuti al loro funzionamento. Per definizione, gli impianti migliorano il comfort di un ambiente confinato, ma ne modificano le caratteristiche, lo stravolgono per come lo si era pensato, mutano sensibilmente le condizioni ambientali e climatiche dell'opera, possono innescare diffusi fenomeni di degrado e attentare alla conservazione dei materiali della fabbrica e delle sue finiture oltre che di quanto custodito.

Il motivo è che ciò che nasce si trasforma, anche un immobile non può essere visto come un elemento statico, ma mutevole per rispondere ai mutati bisogni di una società che non è più quella che lo ha pensato. Nell'ottica di un dinamismo sociale in termini di bisogni ed esigenze, si legge l'aggiornamento delle dotazioni impiantistiche per quel vastissimo patrimonio di edifici di pregio, come chiese e musei, che nel nostro paese si è stratificato e sedimentato prima della rivoluzione tecnologica.

Una rivoluzione che, certamente, non deve interessare l'intervento di recupero edilizio, in quanto deve essere programmata e graduale affinché il bene culturale non rigetti elementi non consoni alla sua natura.

1.3.2 *Compatibilità e rifunzionalizzazione*

Ogni intervento edilizio, anche l'adeguamento impiantistico, quindi, non può non tenere conto del contesto in cui si opera.

Un' accurata ricerca storica deve fornire l'epoca di costruzione, eventuali disegni o progetti originali per approfondire la conformazione architettonica, la consistenza edilizia, oltre che, studiare ciò che in essa è contenuto come opere d'arte, particolari statue, oggettistica. Poi, l'opera bisogna guardarla, osservarla, capire cosa rappresenta per la comunità, è chiaro che l'unica chiesetta di un piccolo comune è diversa dalla grande cattedrale collocata nel cuore dell'organismo urbano con annesso chiostro. Inoltre, importante è distinguere gli interventi configurandoli con le esigenze dettate dalle funzioni che la fabbrica stessa è destinata ad accogliere, siano esse residenziali, di culto, educative, culturali, produttive.

Tuttavia la strategia di una progettazione meditata deve impostarsi con il grado di compatibilità del manufatto, esaminare come reagisce la fabbrica all'intervento e, quindi, verificare che la stessa non rigetti, quasi fosse un paziente di xenotrapianto, ciò che di nuovo sta per modificarla.

In termini pratici, si tratta di verificare le possibili modifiche strutturali per eventuali sovraccarichi prima non previsti, la variazione dei percorsi o la diversa partizione degli spazi, l'inserimento di un impianto termico che modifica il microclima interno, gli effetti dell'illuminazione su dipinti e arazzi.

Troppo spesso oggi, oltre che della compatibilità, non si tiene conto della rifunzionalizzazione dell'opera in seguito all'intervento di restauro di edifici di pregio. Nel senso che gli interventi tengono conto solo delle condizioni in cui versa la fabbrica, senza guardare oltre, ovvero a ciò che la stessa ospiterà, ad una suo possibile cambio di destinazione d'uso.

E' gravissimo pensare di poter pianificare una strategia a breve termine senza ipotizzare già in via preliminare, le possibili soluzioni e la gamma delle alternative praticabili, in modo da valutare vantaggi e svantaggi in relazione all'entità delle alterazioni comunque prodotte.

Dal punto di vista impiantistico la questione assume, quanto mai, caratteri necessari per la corretta lettura e applicazione degli interventi. Bisogna sapere se i locali di un'antica villa Vesuviana verranno adibiti, su scelta della committenza, a sale da pranzo in quanto la stessa sarà una location di eventi e

cerimonie, e, quindi, il tecnico deve predisporre nel suo progetto, i cavedi per l'areazione, finiture e arredi propri e idonei alla destinazione d'uso.



Villa Campolieto, Ercolano: sede dell'Ente Ville Vesuviane, ospita eventi e cerimonie

Particolare attenzione dovrà essere posta quando anche gli interventi relativi alle dotazioni impiantistiche, quasi invariabilmente, assumono un peso ben maggiore di quello richiesto dalla conferma di un uso già consolidato, che in fatto d'impianti, solitamente, si risolve con più semplici e meno impegnative opere di adeguamento⁹.

Tuttavia non esiste una ricetta da seguire, una carta a cui far riferimento per condurre una valutazione preventiva all'avvio della stesura progettuale, solo l'attenta analisi connessa al minuzioso vaglio delle soluzioni meno intrusive dei principali inconvenienti può prevenire danni che possono essere gravi ed irreversibili se mostratisi in corso d'opera.

⁹ M. Piana, *Gli edifici, le esigenze funzionali, la compatibilità*, in *Restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, vol. VII tomo primo, Utet, Torino 2001

1.3.3 I criteri metodologici

Il principio ispiratore dell'azione sul patrimonio architettonico è la salvaguardia dello stesso con tutte le sue stratificazioni, senza, quindi, intaccare i caratteri distintivi delle architetture.

Nella progettazione impiantistica l'attenzione deve, quindi, essere indirizzata alla ricerca della minore intrusività possibile, individuando quelle metodologie capaci di aumentare l'efficacia delle operazioni e, al tempo stesso, di minimizzare i danni che le installazioni impiantistiche inevitabilmente procurano.

Pertanto, solo un'adeguata padronanza della tecnologia dei materiali e delle tecniche costruttive, associata ad una buona dose di sensibilità e devozione nei confronti del bene culturale, può permettere la non realizzazione di sovrastrutture eccessive o aggressive sull'opera.

Le competenze non possono, però, prescindere da una dettagliata conoscenza del manufatto che, come per interventi di consolidamento strutturale si costruisce su indagini quanto più non distruttive, così per quelli relativi agli impianti si fonda su un rilievo preciso della loro conformazione e di un'analisi dettagliata della loro consistenza.



Schema procedurale delle fasi del rilievo

Fra le informazioni indispensabili da raccogliere per progettare il sistema impiantistico in un edificio di pregio, il dato di partenza è certamente rappresentato dalla conoscenza degli impianti esistenti e ancora funzionanti¹⁰. In questa dimensione si legge l'importanza del rilievo del manufatto mediante l'analisi dei vani tecnici, del locale caldaie, delle colonne di scarico, ma anche attraverso una attenta valutazione sulle diramazioni e sullo stato di efficienza delle reti esistenti.

Le informazioni raccolte con il rilievo e l'osservazione diretta di tali elementi, possono essere ampliate con l'ausilio di strumenti e tecniche, di solito impiegati per altri scopi d'indagine, come la termografia, che permetterebbe di leggere facilmente i tratti delle tubazioni, di qualsiasi materiale esse siano, nella muratura senza intaccarla. Un altro strumento che potrebbe essere d'aiuto al tecnico, se le tubazioni fossero metalliche, è il cerca-metalli, qualora, invece, le stesse fossero collocate nelle murature non in prossimità della superficie dei paramenti, converrebbe usare magnetometri di maggiore portata. Tali informazioni condizionano scelte progettuali di dimensionamento in merito allo sfruttamento delle canalizzazioni preesistenti o a tubazioni non più recuperabili.

E' importante oltre all'analisi dello stato di fatto della fabbrica, anche la catalogazione e lo studio di tutta l'oggettistica, come affreschi, stucchi, decorazioni ed elementi scultorei, che potrebbe subire il cambiamento microclimatico indotto dall'installazione di nuovi impianti. In quest'ottica assume un'importanza notevole il monitoraggio costante nel tempo delle condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente confinato e dei paramenti murari. Per fare ciò è opportuno che la fabbrica sia esaminata non episodicamente, ma in modo sistematico considerate le continue variazioni giornaliere e stagionali delle condizioni termoigrometriche. Di ausilio risultano essere i misuratori di umidità, impiegati laddove è necessario non danneggiare la superficie del materiale, utilizzando un metodo non invasivo per il controllo della quantità di acqua.

¹⁰ M. Piana, *Gli orientamenti progettuali*, in *Restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, vol. VII tomo primo, Utet, Torino 2001



Misuratore di umidità modello PCE-PM1

Hanno differenti metodi di misura a seconda della zona in cui agiscono rispetto al manufatto: sono del tipo elettrico, per misurazioni compiute in una zona superficiale del materiale in questione, mentre sono del tipo elettromagnetico, quando la misura va prelevata in profondità. Nella maggior parte dei casi hanno sensori specifici, che il solo contatto con la zona da analizzare, è sufficiente perché la sonda misuri l'umidità fino a 40 mm. di profondità nell'oggetto in questione in modo non distruttivo. Il valore del contenuto d'acqua viene espresso sul display ed è facilmente leggibile o esportabile con apposito software della casa produttrice sul pc di modo da compararlo e restituirne grafici. I risultati degli studi forniscono un feedback rilevante per il tecnico, il quale può scegliere quali sistemi e componenti impiantistici siano i più idonei da usare, oltre che risolvere possibili problemi di inidoneo isolamento.

Quasi fosse una legge matematica, ma che trova fondamenta dall'esperienza, si può affermare che la conoscenza della fabbrica è

inversamente proporzionale al grado di intolleranza dei nuovi impianti immessi, ciò significa che bisogna valorizzare al massimo il bene come risorsa di informazione per progettare una strategia che non abbia dallo stesso alcun rigetto.

1.4 L'INTEGRAZIONE TRA GLI IMPIANTI

1.4.1 *Tipologie impiantistiche*

Sono molteplici le tipologie impiantistiche che si possono trovare in un edificio, le stesse possono variare a seconda della destinazione d'uso, ma soprattutto, in relazione alle funzioni progettate per i bisogni dell'utente.

Oggi, grazie all'innovazione tecnologica al servizio delle necessità dell'uomo, è richiesto un elevato livello prestazionale al sistema involucro edificio – impianti, per cui, non si tratta solo di appagare quelli che sono definiti i bisogni primari, come l'illuminazione degli ambienti o il soddisfacimento della temperatura corporea, ma progettare comfort che rendano la fruizione della costruzione più facile, o *smart*.

E' fondamentale, quindi, non solo trattare il tema dell'integrazione impiantistica con la struttura e l'architettura della costruzione, ma l'integrazione tra gli impianti per il corretto funzionamento degli stessi. Per tale motivo, la progettazione prima, l'installazione poi, devono considerare, ed eliminare, possibili interferenze tra dispositivi elettrici, ovvero sovrapposizioni, su un segnale informativo trasmesso, di un segnale indesiderato che crea un disturbo, con effetto finale di distorsione, alla corretta interpretazione/decodifica del contenuto informativo presente sul segnale utile.

Per avere un quadro generale delle tipologie impiantistiche in una costruzione, con particolare attenzione agli edifici pregevoli per arte e storia, se ne riporta di seguito una sintesi.

1.4.1.1 *Impianto di illuminazione*

Il compito principale dell'impianto di illuminazione è di realizzare adeguate condizioni di visibilità per le persone, conciliando le esigenze estetiche dell'impianto con quelle funzionali e di risparmio energetico. Il sistema di illuminazione può essere scisso in tre sotto-impianti relativamente al tipo di alimentazione:

- settore normale: costituito da organi di comando in genere meccanici, da organi di controllo, dalle relative tubazioni, cavi e apparecchi illuminanti alimentati dalla rete elettrica (rete Enel o di altro gestore);

- settore emergenza: costituito da alcuni apparecchi illuminanti alimentati da un gruppo elettrogeno che, in caso di assenza di tensione di rete, entra in funzione in breve tempo. Solitamente tale illuminazione consente di proseguire determinate attività, sebbene con ridotte prestazioni;
- settore continuità: costituito da alcuni apparecchi illuminanti alimentati da un gruppo statico di continuità UPS che, in caso di assenza di tensione di rete, garantisce un'autonomia di alimentazione di alcune ore. Questa illuminazione viene anche definita "di sicurezza" in quanto essa consente, al mancare della illuminazione normale, di poter disporre di linee in continuità assoluta (cioè senza alcuna interruzione). In tal senso garantisce la sicurezza delle persone che possono, eventualmente, evacuare l'edificio.

1.4.1.2 *Impianto di forza motrice*

L'impianto forza motrice ha la funzione di alimentare e disalimentare tutti i carichi elettrici ed è costituito da una fitta rete di conduttori, da apparecchi di manovra e da diverse tipologie di prese a seconda, sia dell'ambiente in cui sono installate, sia in base al loro utilizzo.

In molti casi si ha una duplice alimentazione: un'alimentazione dal settore normale (rete ENEL), e la seconda alimentazione dal settore continuità (UPS). In altri casi ancora, vi è anche un settore emergenza, cioè l'alimentazione è garantita da un gruppo elettrogeno che entra in funzione in pochi secondi (da 10 a 45 secondi) se dovesse venir meno l'alimentazione principale.

1.4.1.3 *Impianto di rilevazione fumi e gas*

L'impianto di rilevazione fumi e gas ha lo scopo di monitorare la struttura al fine di segnalare repentinamente il principio di incendio, la presenza di gas o di un focolaio di combustione nella sua fase iniziale così da rendere tempestivo l'intervento di spegnimento aumentandone al massimo l'efficacia per limitarne gli eventuali danni, il tutto per garantire un'adeguata salvaguardia delle persone e degli oggetti presenti nell'ambiente.

L'impianto è solitamente costituito da una centrale a microprocessore a cui sono collegati i rilevatori. Tali rilevatori sono costituiti da un trasmettitore e

da un ricevitore con circuito di protezione contro la polvere e possono essere del tipo:

- a rilevazione ottica di fumo (infrarossi);
- a rilevazione termovelocimetrica.

All'interno degli ambienti sono presenti, in genere, almeno due rilevatori, ognuno dei quali è collegato su un *loop* diverso. In questo modo si evita da un lato la probabilità di falsi allarmi e dall'altro si ha la possibilità di avere comunque l'allarme in una sala, in caso di mancato funzionamento di uno dei due rilevatori. Alla centrale sono collegati anche i pulsanti d'allarme, situati in prossimità delle porte d'uscita, attivabili in caso d'emergenza.

In diversi punti sono installati dei pannelli ottici acustici dotati di lampade e *buzzer* piezoelettrico. Tali pannelli sono collegati al rilevatore più vicino per il segnale di attivazione, mentre l'alimentazione viene direttamente dalla centrale rilevazione incendio.

L'impianto antincendio può essere collegato sia a un commutatore telefonico che, in caso di allarme incendio, avvisi le autorità competenti (Vigili del Fuoco) con messaggi preregistrati, sia essere interfacciato all'impianto TV a circuito chiuso che, in caso di allarme, attiva all'istante la telecamera di zona e il videoregistratore per archiviare le immagini. Può inoltre, essere collegato ad altri impianti speciali.

1.4.1.4 *Impianto di climatizzazione*

Tale impianto ha il compito di riscaldare, raffreddare e ventilare (termoregolazione) l'ambiente o gli ambienti adeguandoli all'organismo umano con una buona qualità dell'aria, con un rinnovo privo di agenti inquinanti e con una corretta temperatura. Nel contesto tiene anche conto della destinazione degli ambienti, adeguandola a salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere dei presenti.

Il sistema di climatizzazione può essere scisso in due sotto-impianti relativamente al tipo di comfort termico:

- riscaldamento: impiegato nel regime invernale per riscaldare gli ambienti;
- condizionamento: impiegato nel regime estivo per raffrescare gli ambienti.

1.4.1.5 *Impianto di spegnimento incendi (gas-acqua)*

Ogni incendio non domato è una catastrofe a volte solo economica, a volte pericolosa per la vita umana e per l'ecosistema. Lo scopo di un efficace impianto di spegnimento è semplice: spegnere l'incendio sul nascere, senza provocare i danni arrecati dalla distruzione del valore protetto e all'ambiente.

Risulta, quindi, fondamentale, scegliere l'agente estinguente adatto alla specifica applicazione e alla situazione di rischio. Si pensi ai danni riportati da un impianto di spegnimento ad acqua in un museo o una biblioteca magari scattato anche per falso allarme. Le soluzioni di estinguenti maggiormente in uso sono:

- sistemi ad acqua: l'impianto (idrante o a pioggia sprinkler o diluvio) evita la propagazione ed estingue un focolaio oltre a raffreddare la superficie per evitare ritorni di fiamme avvalendosi di gocce d'acqua.
- sistemi a gas: i gas, utilizzati in questi tipi di impianti (gas inerti, chimici e anidride carbonica), sono agenti estinguenti privi di impatto ambientale. L'azione principale di questi estinguenti si basa sull'abbassamento del contenuto di ossigeno presente nell'ambiente fino ad un certo valore, oltre il quale il processo di combustione non può avvenire, ma tale da non costituire pericolo per eventuali persone presenti. Durante la scarica del gas non si registra nessun abbassamento di temperatura, non si ha nessun pericolo per le attrezzature presenti nell'ambiente e non si ha nessuna riduzione della visibilità. Tale impianto è nato per ambienti quali musei, biblioteche, chiese e tutti quelli in cui sono presenti oggetti ad alto valore storico ed economico.
- sistemi a schiuma: l'impianto a schiuma evita la propagazione ed estingue un focolaio avvalendosi di schiuma a bassa, media o alta espansione e trovano la loro ideale applicazione in tutti quei casi in cui si debbano proteggere aree produttive e depositi.

1.4.1.6 *Impianto vie di esodo*

L'impianto in oggetto ha proprio lo scopo di fornire, in caso di pericolo, l'esatta indicazione delle uscite di sicurezza ed il percorso per raggiungerle

senza creare panico tra le persone mediante l'impiego di plafoniere di sicurezza, complete di etichette adesive.

L'impianto trae la sua origine da una centrale che è in grado di gestire i controlli dei singoli apparecchi e dell'intero impianto; inoltre tale centrale è corredata di un display a cristalli liquidi, che consente la visualizzazione immediata dei test, e eventualmente di una stampante alfanumerica, che ne registra tutti i dati.

Il principio del sistema è basato su un colloquio domanda/risposta tra la centralina e ogni singolo apparecchio, eseguito in modo sequenziale (*polling*¹¹). Il microprocessore della centralina invia sulla linea di trasmissione dati, un messaggio che raggiunge tutti gli apparecchi, ma che viene riconosciuto di volta in volta solo da uno di essi poiché questi sono codificati al momento dell'installazione. Il microprocessore dell'apparecchio interrogato, a sua volta, invia un messaggio di risposta che viene analizzato dalla centralina. La centralina controlla, non solo lo stato degli apparecchi, ma anche l'intero impianto.

Eventuali guasti alla linea dati o ai cavi di alimentazione da rete, vengono immediatamente rilevati e riportati dalla stampante. Pur avendo un controllo di tipo centralizzato, gli apparecchi restano comunque di tipo autonomo ed eventuali guasti ai cavi o alla centrale non pregiudicano il funzionamento automatico in emergenza dei corpi illuminanti.

La centralina è dotata, inoltre, di una batteria incorporata che le consente, anche in mancanza di rete, di svolgere le proprie funzioni. Viene eseguita una verifica periodica in seguito ad una programmazione preordinata per giorni, commutando in emergenza gli apparecchi per circa 1 minuto. In questo intervallo di tempo vengono controllate le seguenti funzioni: l'avvenuta commutazione in emergenza, il corretto funzionamento del circuito d'accensione (inverter) e l'accensione del tubo fluorescente. Se il test fornisce esito positivo, la centralina ripristina lo stato iniziale degli apparecchi e la stampante riporta giorno, ora e il risultato del controllo. Eventuali anomalie vengono visualizzate dal display, consentendo così un primo immediato

¹¹ In informatica il polling è la verifica ciclica di tutte le unità o periferiche di input/output da parte del sistema operativo di un personal computer tramite test dei bit di bus associati ad ogni periferica, seguita da un'eventuale interazione (scrittura o lettura).

controllo e la stampante riporta i dati relativi, ovvero giorno, ora, tipologia del guasto e identificazione dell'apparecchio. Ulteriore elemento per favorire l'individuazione degli apparecchi difettosi, è dato dall'accensione del LED rosso presente sull'apparecchio interessato.

Le lampade utilizzate per questo tipo di impianto sono, in genere, del tipo autoalimentato, con batteria incorporata avente autonomia di 3 ore.

1.4.1.7 *Impianto TV a circuito chiuso*

Il sistema consente, funzionando 24 ore su 24, la visione diretta ed immediata di aree interne e/o esterne rilevanti ai fini della sorveglianza anticrimine e permette una ottimale ricostruzione di qualsiasi evento che si dovesse verificare in dette aree grazie a delle telecamere disposte in modo da riprendere o inquadrare alcune aree dell'edificio. Tali telecamere sono collegate ad una centrale che raccoglie le immagini riprese, le trasmette a dei monitor e le registra su uno o più videoregistratori. In questo modo la sorveglianza è, non solo preventiva (individuazione dell'intruso), ma riesce anche a fissare delle immagini e, quindi, può essere determinante nel riconoscimento dell'intruso anche quando questi dovesse riuscire in ogni caso a penetrare nella zona protetta e a compiere il furto. Il vantaggio di tale applicazione è la possibilità di realizzare una puntualissima archiviazione di immagini in data e ora precise, e verificare, successivamente, tutto ciò che è accaduto.

In prossimità di ogni telecamera è possibile installare un faretto o illuminatore per garantire l'illuminazione notturna dei locali in caso di intrusione e favorire la ripresa e la registrazione dell'evento.

A completare l'impianto oltre alle telecamere, illuminatori, monitor e videoregistratori, si trova il cuore dell'impianto cioè la centrale, la matrice video. Tale componente, situato in genere nell'ufficio del personale o guardiola, trasmette le immagini, provenienti dalle telecamere, su dei monitor e controlla eventuali zoom e brandeggi. Su ogni telecamera sono montati obiettivi automatici o manuali con focale adeguata per la messa a fuoco e la funzione di zoom delle immagini.

1.4.1.8 *Impianto antintrusione*

Naturalmente scopo di un impianto antintrusione è quello di impedire l'ingresso ad estranei nell'edificio nelle ore in cui quest'ultimo non è presidiato, al fine di prevenire, non solo episodi di furto, ma anche atti di puro e semplice vandalismo.

La sorveglianza può avvenire su volumi, locali interni, o su accessi perimetrali, come porte, finestre.

Esso è costituito da una centrale a microprocessore per la segnalazione di antintrusione tramite rivelatori automatici, la quale controlla e gestisce tutto l'impianto in modo autonomo, da sensori volumetrici collocati nei vari ambienti, e da contatti magnetici collocati sulle porte esterne e sulle finestre.

La centrale può gestire vari tipi di segnalazioni in modo autonomo, ossia:

- rapina;
- intrusione;
- sabotaggio;
- chiusura;
- protezione perimetrale.

Il collegamento dei sensori è realizzato con cavo schermato avente una coppia di cavi per l'alimentazione dei sensori e un numero appropriato di coppie di cavi per il segnale.

Inoltre, in un impianto antintrusione ci sono delle sirene elettroniche, sia esterne che interne all'edificio, autoalimentate e tamponate, dotate di lampeggiante, sirena e realizzate in cassetta metallica protetta contro lo scassinamento. La configurazione base di questo tipo di impianto è una centrale che amministra e gestisce tutti gli indirizzi periferici, dai vari tipi di rilevatori, da sirene e da contatti a chiave codificata per l'inserimento ed il disinserimento dell'impianto.

L'impianto antintrusione è di solito collegato a un commutatore telefonico che in caso di allarme furto compone automaticamente uno o più numeri telefonici e avvisa le persone competenti (es. Forze dell'Ordine) con dei messaggi preregistrati.

Tale impianto può anche essere interfacciato all'impianto TV a circuito chiuso che in caso di allarme attiva all'istante la telecamera di zona e il videoregistratore per archiviare le immagini.

1.4.1.9 *Impianto controlli accessi*

L'impianto controlli accessi ha la funzione di rilevare, riconoscere e controllare gli accessi tramite delle chiavi elettroniche (badge, codici PIN, ecc.) e nel contempo abilitarne l'accesso, altrimenti avvertire il personale addetto alla sorveglianza. Il "controllo accessi" non si limita solo al controllo delle persone, ma abbraccia anche altre funzioni, come: rivelazione presenze, riconoscimento persone e controllo con conteggio passaggio.

1.4.1.10 *Impianto telefonico*

L'impianto telefonico serve per comunicare dall'esterno all'interno dell'edificio o viceversa. L'impianto è costituito da un centralino da cui si riparte la rete di distribuzione telefonica, costituita da cavi di dorsale multicoppia, che collegano il centro stella con i vari apparecchi telefonici. Ed è proprio il centralino, il cuore dell'impianto, che smista le telefonate in entrata ed in uscita con la possibilità di un eventuale tabulazione delle stesse con l'ausilio di una stampante.

1.4.1.11 *Impianto trasmissione dati*

Lo scopo dell'impianto dati è di consentire connessioni, secondo gli standard più diffusi, sull'infrastruttura di cablaggio. Tra gli obiettivi di un sistema di cablaggio vi è quello di essere un sistema integrato di comunicazione che sia indipendente sia dagli apparati di trasmissione utilizzati (computer, stampanti, apparati di rete, ecc), sia dai protocolli trasmissivi utilizzati (Ethernet, Token Ring, TCP/IP, ecc).

1.4.1.12 *Impianto audio di chiamata e di emergenza*

Sono quegli impianti che servono tanto a parlare con un'altra persona in un altro ambiente, tanto a chiamare una persona da un ambiente all'altro (chiamate per interni) o, anche, ad inviare una semplice segnalazione acustica.

L'impianto diffusione sonora, invece, ha il particolare compito di diffondere negli ambienti dell'edificio messaggi, informazioni o musica di sottofondo. La diffusione sonora è gestita da una stazione master la quale controlla le basi microfoniche, e linee di altoparlanti distribuite nei vari ambienti.

1.4.1.13 *Impianto video-citofonico*

Sono a metà tra quelli telefonici e quelli di segnalazione e chiamata. Essi infatti, in linea di principio, consentono di mettere in comunicazione due o più persone che non si trovano in due ambienti dell'edificio, ma neanche così lontani al punto da dover ricorrere ad un impianto telefonico; si tratta infatti di comunicare tra una persona che si trova all'interno dell'edificio o di un gruppo di locali ed una persona che si trova all'ingresso dello stesso.

La segnalazione avviene attraverso un segnale acustico inviato, tramite un conduttore, dal posto esterno a quello interno, e, dopo la risposta, da parte della persona che si trova all'interno ed, all'avvenuta comunicazione vocale, può essere attivato un comando di apertura porta da parte della persona che si trova all'interno dell'edificio per consentire l'accesso a quella che proviene dall'esterno. I sistemi più sofisticati oggi presenti sul mercato e già notevolmente diffusi, prevedono anche il riconoscimento visivo della persona che proviene dall'esterno, attraverso una piccola telecamera ubicata all'esterno che invia l'immagine al monitor interno. La persona che si trova all'interno, così, potrà decidere se aprire la porta o meno in funzione del riconoscimento del visitatore.

1.4.1.14 *Impianti di gestione*

Sono quegli impianti non standard che automatizzano i processi, a cui fanno capo gli altri. Il loro compito è quello di amministrare gli attuatori e i dispositivi dell'impianto, interponendosi tra gli stessi e l'utente come dei mediatori. Per tale motivo, è necessario che abbiano un'interfaccia che dialoghi in maniera facile con il fruitore, con sistemi di controllo, come circuiti logici o elaboratori, che gestiscano macchine e processi, riducendo la necessità dell'intervento umano.

1.4.2 *La Building Automation*

“L'automazione è un fenomeno che ha, insieme, natura tecnologica economica, organizzativa e sociale e ha per oggetto la gestione e l'evoluzione

di complessi sistemi tecnico-organizzativi che realizzano processi produttivi di prodotti e/o servizi”¹².

A partire dalla fine del ‘900, l’impiantistica civile ha visto la crescita della domanda di automazione degli impianti, in parallelo al consolidamento della logica programmabile nel campo industriale. Quest’ultimo settore, avendo raggiunto il massimo livello conosciuto nel campo dell’automazione, ha prodotto dispositivi PLC (Controllore Logico Programmabile), sempre più piccoli, ma più veloci, in grado di gestire qualsiasi attività programmando le relative CPU (*Central Processing Unit*).



Esempi di PLC Siemens

L’automazione applicata al settore delle costruzioni, è più propriamente definita *Building Automation*, ossia automazione della costruzione, per rendere la stessa “edificio intelligente”. Essa nasce agli inizi dell’ultimo

¹² Federico Butera, 1990

ventennio del '900, quando mutano e si sviluppano le maggiori esigenze dell'uomo e si inizia a parlare di benessere nell'ambiente confinato.

La *Building Automation* ha avuto, però, una crescita graduale, nel senso che si è pensato prima al raggiungimento di elevati standard di sicurezza, poi all'incremento di comfort e funzionalità. In tale ottica si legge lo sviluppo normativo e legislativo, che, con la legge 46/90, ha puntato sull'adeguamento a norme di sicurezza degli impianti, stabilendo come principio cardine l'incolumità dell'uomo.

Prima di sfociare nel campo della residenza, come *domotica*¹³, si è sviluppata nel settore terziario, specialmente negli uffici e negli ambienti di lavoro, dove grazie alle moderne tecnologie, è stato possibile soddisfare molte richieste relative al decreto legislativo 626/94.

Oggi, in grandi ambienti adibiti ad uffici, è presente, di solito, un centro di controllo nel quale confluiscono le informazioni provenienti dalle varie tipologie di impianti. Dal sistema di gestione centralizzato è, quindi, possibile, non solo controllare, ma anche comandare tutte le utenze o parti di esse, grazie all'automazione dei singoli impianti che dialogano con il centro di controllo.

Ciò è stato possibile grazie ad un'evoluzione dei PLC, in una nuova generazione di componenti più specializzati per il comando ed il controllo di utilizzatori presenti nel settore terziario. Grazie a questi elementi, è possibile comandare e controllare qualsiasi utilizzatore facente parte del sistema impiantistico dell'edificio¹⁴.

¹³ *domus* (casa) + *automatique* (automatica), è la scienza interdisciplinare che si occupa dello studio delle tecnologie atte a migliorare la qualità della vita nella casa

¹⁴ Domenico Triscioglio, *Introduzione alla domotica*, diretto da G. Carbonara, Tecniche Nuove, Milano 2009



Esempio di componenti per la *Building Automation*

La *Building Automation* ha portato ad un'elevata quantità di vantaggi relativi al miglioramento della qualità della vita, se ne citano alcuni esempi significativi:

- efficienza energetica: regolare il riscaldamento e, meglio ancora, l'impianto di illuminazione in funzione della luminosità naturale, o in funzione della presenza di persone nell'ambiente, integrandosi con sensori di presenza;
- elevato standard di sicurezza: consentire una rapida evacuazione dell'edificio grazie all'automazione raggiunta dal sistema di rilevazione fumi integrato all'allarme, nonché sistemi di spegnimento incendi o antintrusione;
- facilità di controllo ed utilizzo: attenzione ad anziani o diversamente abili, che possono gestire la chiusura di porte e finestre, lo spegnimento di luci o radiatori, semplicemente in remoto da un dispositivo tipo telecomando.

2 Gli impianti elettrici negli edifici di pregio

2.1 CRITERI PROGETTUALI

2.1.1 *Generalità dell'impianto elettrico*

Risulta quanto mai improbabile, oggi, non trovare in un edificio storico di pregio un impianto elettrico, anche seppur rudimentale. Il problema sta nell'aggiornare ciò che è datato e non più rispondente alle norme e nell'adeguare una fabbrica pensata per lumini a gas che attualmente presenta cavi elettrici volanti e lampadari sospesi.

La legge 46/1990, abrogata dalla 17/2007, regola la sicurezza degli impianti e fa obbligo che i cavi elettrici, se annegati nelle murature, siano protetti da una guaina antincendio e collocati entro tubi corrugati di sufficiente ampiezza per consentirne lo sfilaggio. Per tale motivo non è semplice operare su un bene architettonico, pensare a fori e tracce nei paramenti murari per condutture con diametri notevoli, visto che devono ospitare circuiti elettrico, antifurto, illuminotecnico, telefonia, con eventuali gravi danni sia figurativi, per affreschi e decorazioni, sia strutturali, per la consistenza della fabbrica. È importante, quindi, che il tecnico scovi possibili passaggi verticali come cavedi e vani tecnici, indagli sulla possibilità di nascondere i tubi sulle cornici dei soffitti, fra solai e muratura e sotto il pavimento, qualora lo si debba restaurarlo, ovvero faccia di tutto affinché una fabbrica storica celi elementi conseguenza di una sempre crescente esigenza di comfort contemporaneo. Tuttavia, può essere inevitabile forare una parete, e, pertanto, porgere la

dovuta attenzione verso un paramento non decorato, non intaccando presenze storiche significative, facendo ricorso a trapani a rotazione per ottenere microfori con impatto minimo anche sulla struttura.

Se questi presupposti non sussistono, l'unica strada percorribile è usufruire di linee esterne, solitamente canalette in PVC, che hanno i vantaggi di essere non infiammabili e di contenere più conduttori, ma è visibile lo svantaggio di andare a installare sovrastrutture innovative tecnologicamente, su una struttura storico culturale¹⁵, anche se talune volte è possibile mascherarli col contesto.



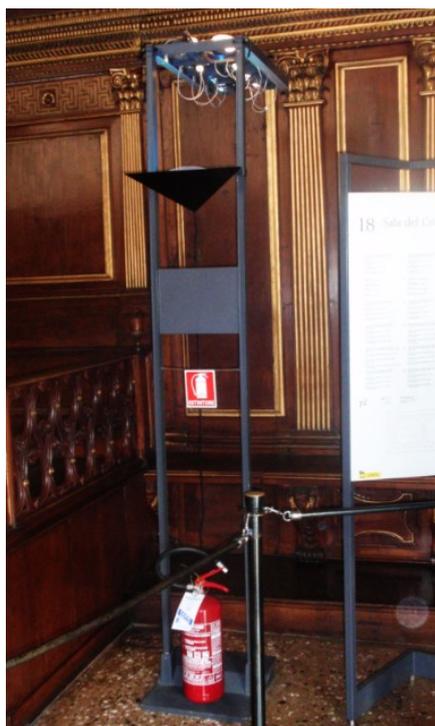
Esempio di canaletta in PVC “nascosta”: chiesa di *Santo Stefano di Buja* (UD)

In quest’ottica, il tecnico deve dare sfoggio della sua maestria progettuale e della sua sensibilità nel rispetto del valore dell’opera, e ne sono d’ausilio le diverse soluzioni sul mercato come zoccolini battiscopa, fasce decorative,

¹⁵ Roberta M. dal Mas, *Il progetto di restauro architettonico ed impiantistico*, in *Restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, vol. VII tomo primo, Utet, Torino 2001

modanature, dei più disparati materiali, dal legno sagomato al rame, dall'acciaio colorato al cartongesso, scelte, queste, dettate dal grado di compatibilità con l'ambiente, visto che tutte hanno elevati livelli di funzionalità e sicurezza.

Talvolta, soprattutto in sale museali, pinacoteche e biblioteche, si usano lampade a piantana con interruttori autonomi sul piedistallo, la scelta permette di non intaccare le pareti a causa di precorsi verticali di collegamento tra la sorgente luminosa e l'interruttore, e di avere un sistema indipendente e facilmente adatto alla manutenzione.



Palazzo Ducale, Venezia: piantana con estintore

Tutti questi aspetti devono essere valutati in sede di progetto, la rete distributiva elettrica va studiata in partenza, non solo con lo schema, ma anche con l'indicazione del percorso in pianta e sezione, analizzando la possibilità di ogni attraversamento murario e di solai, i dettagli di ogni derivazione e i particolari di funzionamento dei quadri, è utile che questi ultimi siano diversi

e non un unico generale, di modo da avere grande autonomia d'esercizio e manutenzione oltre che facilità di installazione.

Appare chiaro come il progettista, per illuminare un monumento, debba sposare la tecnica da un lato e la competenza artistica e scenografica dall'altro, muovendosi dai rigidi postulati professionali alla sensibilità, al gusto, alla profonda conoscenza del bene artistico culturale.

Per tale motivo risulta fondamentale seguire due indirizzi di ricerca, due capisaldi per un corretto approccio alla progettazione:

- un'analisi/indagine storico culturale dell'opera;
- un attento studio dello spazio architettonico/spazio illuminato, delle tinte delle superfici, della scena.

In questo contesto, i nuovi materiali e le nuove strutture che lo sviluppo tecnologico mette a disposizione del progettista, consentono di far trionfare la legittima bellezza della luce, avvicinando il fedele alla verità dell'arte.

2.1.2 *L'approccio metodologico*

La fruibilità degli edifici storici implica la realizzazione di opere impiantistiche che risultano più o meno complesse in relazione alla destinazione d'uso degli edifici e degli ambienti: museali, di pubblico spettacolo, chiese, uffici. Le opere impiantistiche possono essere sostanzialmente classificate in due categorie:

- opere necessarie per la sicurezza e la tutela dell'edificio;
- opere necessarie per garantire la fruibilità della visione delle opere d'arte in essi contenute e/o delle manifestazioni che in essi si svolgono.

Prima di operare su un'antica fabbrica dal punto di vista impiantistico, è necessario approfondire la destinazione d'uso ed eventuali vincoli imposti dagli Enti di Tutela come le Soprintendenze.

L'illuminazione risulta essere indispensabile per la fruizione degli spazi, principalmente per quelli privi di impianto elettrico perchè edificati prima della scoperta dell'energia elettrica. Per tale motivo è necessario confrontarsi con tutti i soggetti interessati per programmare quali siano gli interventi col minor impatto.

La progettazione impiantistica negli edifici pregevoli per arte e storia, oltre che soggetta alle regole tecniche generali, risulta vincolata in modo rilevante da aspetti estetici e da problematiche di tutela che ne condizionano, in modo determinante, le scelte operative e, conseguentemente, sia i tempi di realizzazione che i costi¹⁶.

Le scelte progettuali, inoltre, oltre a dover essere pensate con una certa “sensibilità” verso ciò che è storico-culturale, devono programarsi con la massima efficacia e con le dovute competenze, soprattutto quando ci si trova ad agire in punti cruciali dell’edificio e non sulla sua totalità.

Volendo elencare i problemi impiantistici più ricorrenti, i principali da cui risalgono gli altri, riguardano:

- la scelta e il posizionamento degli apparecchi di illuminazione;
- la fornitura dell'energia;
- il percorso delle reti per la distribuzione elettrica;
- i quadri elettrici;
- la sicurezza per la tutela del patrimonio.

2.1.3 *Gli apparecchi di illuminazione*

Progettare l’illuminazione dell’edificio storico significa salvaguardare non solo la fabbrica, ma anche le opere in essa contenute. Per tale motivo gli impianti devono sì, fornire un’adeguata visione degli elementi architettonici e culturali, ma garantire, sia la configurazione strutturale dell’edificio, sia la conservazione di tutte quelle opere che potrebbero alterarsi a causa di emissioni termiche e radiazioni luminose.

Talvolta è richiesto, in un’ottica di minor impatto ambientale, di adeguare sorgenti luminose, come antichi lampadari, perchè non più rispondenti alle norme attuali, quindi è necessario far collimare il progetto di restauro di autentiche opere d’arte con quello impiantistico.

¹⁶ Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999



Palazzo Reale di Napoli: esempio di illuminazione d'epoca

Ad esempio in presenza di utilizzatori quali lampadari e applique con parti metalliche non connettabili a terra, per ovvi motivi estetici e di vincolo artistico, può essere utilizzata la protezione per separazione elettrica con l'interposizione di trasformatori di isolamento. Soluzione questa più onerosa rispetto a quella prevista dalla Norma CEI 64-15 (differenziale $I_{dn} 5 \leq 30 \text{ mA}$), ma la sola praticabile se gli apparecchi non possono essere distanziati dal pubblico¹⁷.

¹⁷ Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999

2.1.4 *La fornitura di energia elettrica*

La progettazione dell'impianto elettrico in un edificio pregevole per arte e storia, collocandosi in un'ottica di minimo impatto ambientale, deve presupporre un'attenta valutazione del fabbisogno di potenza elettrica verificando la tensione nominale con la quale l'ente distributore la fornisce.

La ristrutturazione degli edifici ed il loro utilizzo funzionale implica, in generale, un'attenta analisi e dettagliata verifica.

In particolare, in relazione alla potenza assorbita, l'alimentazione può essere fornita, con sistema di I categoria ($BT \leq 1.000 \text{ V}$); con sistema di II categoria ($MT > 1.000 \text{ V} \leq 30.000 \text{ V}$); o con sistema di categoria uguale a quella esistente ma con tensioni diverse.

	I categoria	II categoria
impianto esistente	220/127 V	5÷6/6,3 kV
impianto nuovo	400/230 V	20 kV

Categorie di alimentazione in funzione della potenza assorbita

Per la realizzazione delle cabine di trasformazione, la normativa vigente CEI 64-8 e la Norma CEI 64-15 a cui si rimanda, definiscono delle prescrizioni particolari i cui punti caratteristici sono:

- separazione mediante sistemi o involucri non combustibili tra trasformatore e quadri BT (tensione nominale $> 400\text{V}$ e $\leq 400\text{V}$);
- ventilazione o condizionamento sufficiente ad assicurare il raffreddamento dell'ambiente e del macchinario installato (temperatura max. $\leq 40^\circ$ circa);

e per cabine che usano olio combustibile:

- installazione in locali esterni all'edificio ($\geq 3\text{m}$) o compartimentazione antincendio (REI 120), comunque non accessibili al pubblico;
- realizzazione di fossa raccolta olio e soglia per impedirne lo spandimento fuori dalla cabina.

I sistemi di distribuzione in bassa tensione, generalmente adottati in questi edifici, sono:

- sistema TN-S nel caso di alimentazione con cabina propria;

- sistema TT nel caso di alimentazione direttamente in bassa tensione dall'ente distributore.

Qualsiasi sia il tipo di distribuzione scelto (TN-S o TT), risulta essenziale garantire la selettività di intervento delle protezioni, sia in caso di sovracorrenti che in caso di guasti verso massa. Tale criterio risulta facilmente attuabile utilizzando interruttori equipaggiati con protezioni magnetotermiche e differenziali selettive facilmente disponibili sul mercato¹⁸.

2.1.5 Il percorso delle reti per la distribuzione elettrica

Nel progetto impiantistico ad essere gravosi, più che il posizionamento degli apparecchi illuminanti, sono i percorsi e le diramazioni delle reti di distribuzione.

In relazione alle caratteristiche dell'intervento di restauro possono presentarsi due tipologie:

- restauro architettonico, che include interventi strutturali e/o edilizi. Questa è sicuramente la via più facile, il progetto impiantistico converge con quello architettonico usufruendo degli interventi che lo stesso ha sulla fabbrica. Al fine di non sfociare nel caso di restauro conservativo, è necessaria l'integrazione tra le parti architettonica, strutturale, impiantistica, e soprattutto, che quest'ultima non venga eseguita successivamente alle altre;
- restauro di tipo conservativo, senza interventi murari, limitato al recupero funzionale degli ambienti, con il solo restauro delle opere d'arte e degli affreschi. Questa è la via più critica per il percorso dell'energia elettrica all'interno di un'antica fabbrica: le tracce sono invadenti, e talvolta, di dimensioni notevoli per ospitare gli appositi conduttori. Non potendosi mimetizzare del tutto in interventi di restauro architettonico, è opportuno che i circuiti elettrici abbiano il minor

¹⁸ Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999

numero di conduttori, ricorrendo a nuove tecnologie di trasmissione "bus" approfondite in seguito.

Qualora non sia percorribile la via di effettuare tracce ai paramenti murari della fabbrica, e quindi, l'unico modo è realizzare un'impianto elettrico con conduttori a vista, è opportuno impiegare cavi ad isolamento minerale (pirotemax) preferendo una scelta progettuale della guaina metallica in rame piuttosto che in plastica colorata che risulta essere fortemente invasiva.



Esempio di impianto a vista con cavi ad isolamento minerale

Inoltre, le caratteristiche di flessibilità, rigidità meccanica e resistenza all'incendio, rendono questi cavi particolarmente adatti anche per l'installazione all'esterno degli edifici, con fissaggi invasivi limitati e comunque inferiori a qualsiasi altra tipologia di cavo¹⁹.

¹⁹ Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999

Quando non è possibile in alcun modo nascondere i conduttori elettrici, gli stessi vengono posti in apposite canaline integrate, ovvero sistemi tecnologici in metallo o plastica dove, solitamente, sono collegati o allocati gli apparecchi illuminanti. Talvolta questi sistemi sono integrati a misure di sicurezza proprie di spazi museali ed espositivi, come i paletti di intralcio con cavo di sicurezza per non fare avvicinare i visitatori alle opere ed alle teche.

Queste soluzioni, messe in evidenza dalla Norma CEI 64-15 (art. 2.5), sono particolarmente adatte nei percorsi museali quando non vi sono spazi sufficienti per mantenere lontano i visitatori dai componenti elettrici. Diversamente se il contatto con il pubblico può essere evitato, è possibile realizzare anche impianti di tipo "movibile", cioè appoggiati alle strutture e infrastrutture edili.

Gli edifici di valenza storico culturale, essendo luoghi pubblici, o comunque aperti al pubblico, necessitano di accorgimenti visivi propri della segnaletica di sicurezza, di un circuito elettrico autonomo capace di far fronte ad avarie e guasti del circuito tradizionale.

La scelta delle condutture per l'alimentazione dei circuiti di sicurezza, ed in particolare per l'illuminazione di sicurezza, deve essere fatta in funzione del tipo di apparecchiature utilizzate.



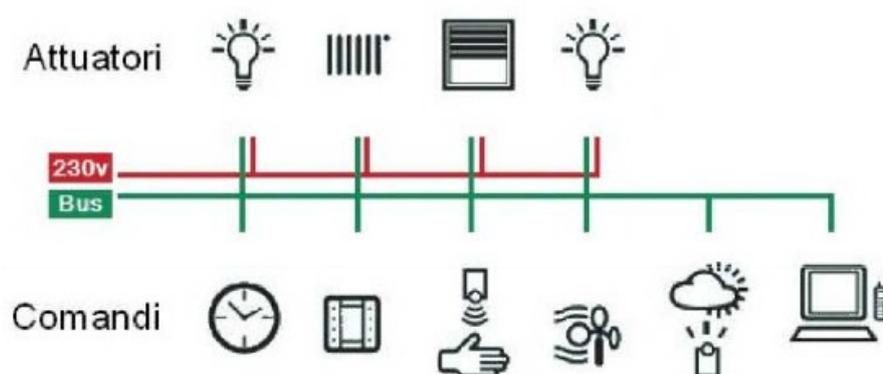
Esempi di segnali luminosi di sicurezza

Infatti se per l'uso di apparecchi di illuminazione autonoma è sufficiente la rete tradizionale con cavi non propaganti incendio, l'utilizzo per l'illuminazione di sicurezza di apparecchi d'arredo, come applique, lampadari, comporta la realizzazione di una distribuzione dedicata con cavi resistenti al fuoco secondo le Norme CEI 20-36.

2.1.6 La tecnica di trasmissione BUS

Come per gli apparecchi d'illuminazione antichi, anche per alcuni organi di comando, quali interruttori e pulsanti, può esserci una necessità di riutilizzo, sia perché installati in ambienti soggetti a vincolo, sia perché la loro sostituzione appare difficile.

Si possono allora impiegare le tecnologie dette "bus", recuperando interi circuiti di vecchi impianti elettrici utilizzandoli come input on/off nei moderni sistemi per il controllo dell'energia, permettendo così il comando di un'infinità d'operazioni anche a componenti elettrici ormai considerati obsoleti o inutili. Infatti, mentre nell'installazione elettrica convenzionale ogni funzione richiede una propria linea ed un proprio sistema di comando, una rete separata bus permette invece di comandare, controllare e segnalare tutte le funzioni ed i processi utilizzando un unico cavetto bus comune consentendo d'alimentare direttamente le utenze senza bisogno di percorsi circuitati complessi.



Esempio di tecnologia di trasmissione "bus"

Il sistema consente, quindi, di ridurre il numero dei conduttori, di semplificare l'installazione in un edificio ed eventualmente d'ampliarla o modificarla in un secondo momento. I sistemi bus riducono le dimensioni delle condutture aumentando la possibilità di mimetizzazione delle stesse.

Il termine deriva proprio da "bus", inteso come linea di trasporto con varie tappe di fermata. Ad ogni tappa scenderanno dal bus solo le persone, ovvero i dati, che sono interessate a quella particolare fermata e saliranno nuove persone interessate ad altre fermate della "corsa". Così il bus continua il

proprio percorso distribuendo i dati a tutte le tappe della linea; dati tutti preceduti da un codice. È proprio come se si dovesse entrare in un edificio con tante stanze, tutte con accesso protetto da un codice segreto; si può entrare nelle sole stanze di cui si è in possesso del codice di accesso. Nel caso siano molte le persone che hanno lo stesso codice e pretendano di entrare, ognuno dovrà mettersi in fila aspettando il proprio turno, il che, con le velocità proprie dell'informatica, si può quantificare in millesimi di secondo. Tutte le utenze, quindi, possono scambiarsi informazioni attraverso una linea di trasmissione comune, detta bus²⁰.

Il collegamento fisico tra i vari dispositivi è un doppino intrecciato, al quale sono connessi in parallelo tutti i dispositivi per tramite di un dispositivo elettronico di interfaccia (*Bus Coupling Unit*, BCU). Il BUS provvede contemporaneamente all'alimentazione elettrica dei dispositivi ed allo scambio di informazioni tra di essi.

I dispositivi attuatori, cioè preposti al controllo dei carichi, debbono essere connessi sia alla linea BUS che alla rete elettrica domestica per l'alimentazione dei carichi stessi. Gli apparecchi di comando e i sensori sono invece connessi solamente alla linea BUS.

Il sistema bus, in particolare, capovolge i sistemi di controllo e gestione tradizionalmente adoperati fino ad oggi. Infatti, questi prevedono una centrale operativa dimensionalmente estesa e ed "intelligente", vale a dire il vero cervello del sistema, e delle periferiche, cosiddette "stupide", in grado cioè di essere solo comandate e gestite; questo tipo di sistema comporta naturalmente alcuni problemi tra cui i principali sono il grande numero di conduttori da portare in giro per il comando dei contattori di tipo tradizionale con conseguente necessità di realizzazione di grandi canalizzazioni per il contenimento dei cavi, e l'elevato rischio di fuori servizio della centrale operativa.

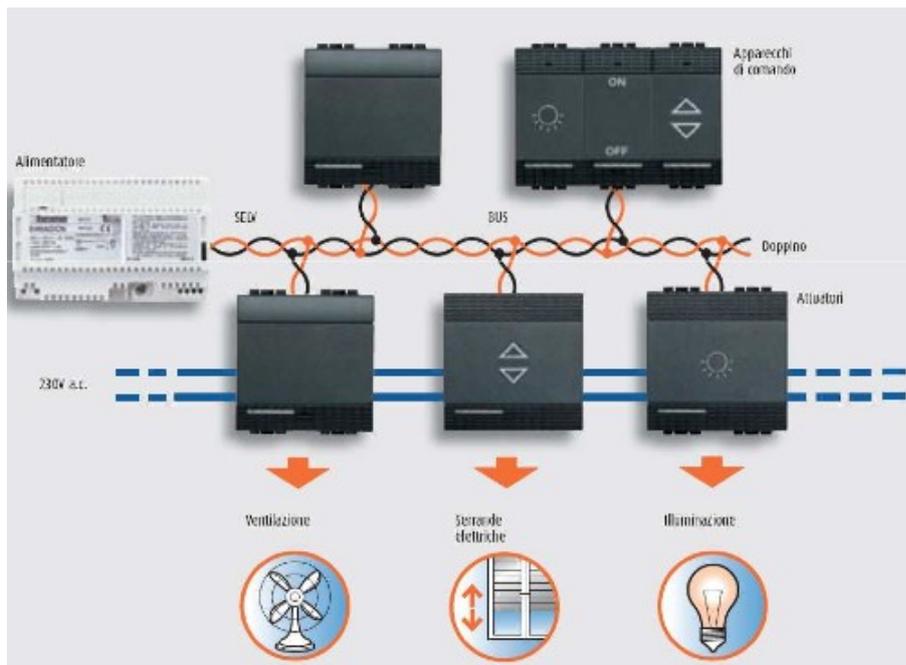
La tecnologia bus, prevede, al contrario, la decentralizzazione dell'intelligenza, invece di concentrarla: ciascuna periferica scelta, sia esso un interruttore, una lampada, un motore, può diventare "intelligente" attraverso l'installazione di un componente elettronico montato in prossimità dello stesso

²⁰ Francesco Bianchi, *La tecnica di trasmissione bus*, in *Restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, vol. VI, Utet, Torino 2001

utilizzatore o addirittura in esso; tale componente ha lo scopo di identificare il componente stesso e di decifrare o inviare segnali attraverso un solo cavetto che "tocca", in maniera seriale, tutti gli utilizzatori che fanno parte del sistema. In particolare, vi sono componenti che, per loro natura, rilevano dei fenomeni e lanciano segnali in rete, definiti telegrammi, con un ben preciso "indirizzo", ce ne sono altri, definibili "attuatori", che ricevono il segnale, lo decodificano e se è indirizzato a loro, si comportano di conseguenza, attuando il comando pervenuto. Un esempio di immediata comprensione, può essere rappresentato da un rilevatore di presenza persone che, una volta rilevata la presenza di una persona in una sala, invia un telegramma alle lampade poste in quella sala; un apposito microprocessore montato in prossimità delle lampade stesse, "decodifica" il segnale e, attraverso l'attuatore, di solito un relè, fa in modo che le lampade si accendano o si spengano automaticamente.

Tale sistema sostituisce quelli in uso finora e utilizzanti contattori di tipo tradizionale che necessitano, per il riporto a distanza, di un gran numero di conduttori di sezione notevole²¹.

²¹ Domenico Trisciuoglio, *Impianti e sicurezza nei luoghi d'arte*, OR.GRA.ME. s.r.l., Napoli 2005



Esempio di cablaggio semplificato della tecnologia di trasmissione "bus"

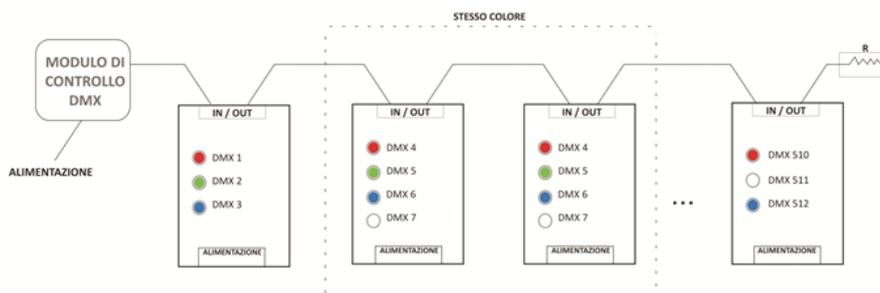
2.1.6.1 Il sistema di comunicazione dmx 512 basato sulla trasmissione BUS

Il sistema DMX (*Digital MultipleX*), è uno standard di comunicazione digitale usato principalmente per il controllo dell'illuminazione, ovvero, per controllare numerose luci ed effetti da una console di regia, impiegato sia in ambito teatrale sia edile - architettuale.

DMX (*Digital MultipleX signal*) è la tecnologia digitale basata sullo standard DMX512-A che permette di gestire fino a 512 indirizzi distinti su uno stesso bus, corrispondente ad un universo DMX. Ad ogni modulo connesso possono essere attribuiti degli indirizzi anche non univoci in quanto il protocollo è unidirezionale ed il sistema di controllo si occupa solo dell'invio dei comandi. Ciò implica che moduli con gli stessi indirizzi risponderanno in modo identico agli stessi comandi ed avranno, quindi, lo stesso comportamento, formando in pratica un gruppo funzionale.

Ad esempio un apparecchio RGB utilizza 3 indirizzi DMX, uno per ogni canale di colore. Per ogni indirizzo DMX viene impostato un valore compreso tra 0 (sorgente spenta) e 255 (sorgente a livello massimo). Apparecchi che utilizzano gli stessi indirizzi DMX formeranno un gruppo di colore omogeneo

in quanto le componenti di colore interne sono gestite con le stesse informazioni.



Schema del sistema di comunicazione DMX

Ogni dispositivo ha un ingresso e un'uscita DMX512, le quali sono internamente collegate fra loro. La porta DMX512 in sul primo dispositivo viene collegata al DMX512 out del controller mentre il DMX512 out del primo apparecchio viene collegato al DMX in del secondo, e così via. Questa tipo di collegamento viene chiamato *chain* o "a cascata".

Il connettore DMX512 out dell'ultimo dispositivo di questa catena così formata dovrebbe avere inserito un terminatore DMX512, ovvero una resistenza da 120 ohm e 0,25 W tra i pin 2 e 3 del connettore, per assorbire le riflessioni di segnale distruttive. L'errata terminazione della linea DMX è spesso la causa più comune del cattivo funzionamento di tutto il sistema: è molto importante inserire una resistenza di terminazione della linea all'ultimo apparecchio che compone la catena. Per quanto riguarda il cablaggio, sono tipicamente utilizzati connettori RJ45.

Il DMX512 fu sviluppato nel 1986 su commissione della USITT (Istituto Americano delle Tecnologie Teatrali) per rendere standard ed efficiente il sistema di comunicazione tra console e dimmer. Il DMX512 è un protocollo di trasmissione dati che si avvale dello standard internazionale EIA RS485; questa definizione riguarda non tanto il tipo di dati trasmessi, ma l'hardware, in altre parole i circuiti utilizzati per la trasmissione e la ricezione.

La definizione corretta di questo tipo di linea è differenziale. La caratteristica principale è l'elevata immunità ai disturbi elettrici ed elettromagnetici di modo comune (riferiti a massa). Questo si deve alle caratteristiche intrinseche degli amplificatori differenziali, dispositivi che, sia

nelle applicazioni analogiche che in quelle digitali, eliminano tutti i segnali non desiderati di segno uguale presenti contemporaneamente nei due conduttori, mentre amplificano quelli differenziali (di polarità opposta). Il segnale che a noi interessa è quello relativo ai livelli dei dimmer e degli altri dispositivi collegati alla linea; questi segnali sono trasmessi volutamente in modo differenziale e sono quindi amplificati senza che vi si aggiunge il rumore (disturbi elettrici ed elettromagnetici), che generalmente è di modo comune (della stessa polarità rispetto a massa). Gli amplificatori differenziali utilizzati attualmente nel DMX512 sono in realtà dei piccoli circuiti integrati e vengono definiti *Line Driver* quello trasmittente, installato nella console, e *Line Receiver* quello ricevente installato sui dimmer o sul decoder.

Il DMX512, in quanto protocollo di comunicazione, utilizza una trasmissione asincrona dei dati a 250Kb al secondo, questo significa che i segnali del trasmettitore (la console) e del ricevitore non sono in sincronia, ma che i ricevitori (dimmer, scanner, motorizzati o decoder) si sincronizzano al segnale della console ogni volta che questo invia un determinato messaggio. Sostanzialmente è il trasmettitore che fornisce al ricevitore o ai ricevitori i segnali per sincronizzarsi.

L'estensione RDM (*Remote Device Management*) del protocollo standard DMX512-A permette il controllo bidirezionale dei vari moduli presenti sul bus, aggiungendo la capacità di ricezione di informazioni dal campo. Uno dei principali vantaggi introdotto da questo nuovo standard è la possibilità di impostare tramite un PC remoto gli indirizzi DMX utilizzati dagli apparecchi dopo la loro installazione sul bus. La possibilità di scambiare dati con i vari moduli ne permette inoltre l'impostazione avanzata garantendo un *fine-tuning* dell'impianto altamente accurato.

L'elevato numero di indirizzi disponibili, la molteplicità di utilizzo degli stessi e la velocità di trasmissione dei dati, rendono DMX il protocollo adatto al controllo degli apparecchi d'illuminazione in applicazioni architettoniche e scenografiche, tipicamente realizzate con apparecchi LED multi sorgente (RGB, RGBW, AWB).



Esempio di illuminazione a led: *Porta di Brandeburgo*, Berlino, festival delle luci 2013

2.1.7 Il sistema automatico di gestione centralizzata degli impianti

L'innovazione impiantistica nel progetto del Teatro San Carlo, è rappresentata dall'automazione nella gestione centralizzata di tutti gli impianti. Per la prima volta, si è utilizzata una tecnica di controllo dei processi industriali, nell'ambito dell'architettura, ovvero in un complesso di elevato pregio per arte e storia.

L'idea è valsa al progetto dell'ing. Domenico Triscioglio, un ambito riconoscimento europeo, il premio EIBA 1996, il massimo nell'ambito della progettazione impiantistica.

Il sistema di automazione è del tipo Instabus EIB della Siemens, e consente di controllare e comandare le varie parti dell'impianto elettrico, con la capacità di far risparmiare energia, con un'attenta gestione dei carichi, ma soprattutto tutelare opere, patrimonio dell'umanità.

Il sistema, infatti, consente il controllo ed il comando di qualsiasi utilizzatore elettrico a distanza, attraverso un semplice cavetto telefonico, andando ad eliminare le matasse di cavo preesistenti senza intaccare la configurazione muraria degli edifici.

Accanto ai vantaggi di funzionalità di un sistema in grado di amministrare qualsiasi dispositivo attuatore da un monitor a distanza, vi è il beneficio, sia di garantire la sicurezza del bene in se', sia le opere che esso custodisce, attraverso, quindi, elevati livelli di sicurezza, come spegnimento delle luci o accensione allarme orario automatico.

L'installazione, quindi, prevede la posa in opera di un solo cavo schermato che collega tra loro tutti i quadri elettrici del sistema ed, infine, ritorna nel locale dove è ubicata la centrale di controllo, seguendo lo stesso percorso dei cavi di potenza.

In ciascun quadro locale, oltre ai normali dispositivi di protezione come interruttori magnetotermici differenziali, sono montati componenti elettronici e relè, ovvero, i ricevitori e gli attuatori che agiscono sui motori degli interruttori. Grazie a questi, l'addetto al controllo, visualizzando lo stato sul monitor, può decidere di accendere o spegnere, a seconda delle esigenze, un settore, un'area o l'intero complesso. Oltre, quindi, a verificare dove può avvenire un'anomalia da sovracorrente, l'operatore può controllare a schermo lo stato dell'impianto e decidere l'apertura o la chiusura di un qualsiasi circuito, premendo un semplice tasto del PC. Il segnale, telegramma, inviato dal PC, viaggia nel cavo schermato, tocca tutti gli attuatori, ma scende solo alla "fermata del bus" interessata, cioè viene recepito solo dal ricevitore cui è indirizzato, che a sua volta attiva l'attuatore che agisce sul motore dell'interruttore.

Un ulteriore vantaggio offerto dal sistema, è rappresentato dal fatto di poter dislocare a distanza più di una postazione di controllo e gestione, dalle quali possono essere attivate solo le operazioni che si vogliono programmare. Nel caso del Teatro San Carlo, infatti, dalla centralina di controllo ubicata nella portineria centrale, è possibile effettuare solo l'accensione e lo spegnimento di tutte le luci del Teatro, non differenziandole per settore, come foyer, palco, camerini, operazioni efficaci anche in caso di emergenza.

2.1.7.1 *Il Teatro San Carlo di Napoli*

Nel seguito si illustrano i criteri di funzionamento del sistema di gestione centralizzato Siemens e le sue caratteristiche peculiari.

Caratteristiche del sistema - Generalità

Il sistema tiene conto, oltre che di tutti gli impianti e di tutte le funzioni che deve gestire, anche delle caratteristiche costruttive del luogo dove è installato. Infatti, il Teatro San Carlo, per le sue caratteristiche costruttive e per la sua importanza storica ed artistica, non consente grosse opere murarie e pertanto non è pensabile realizzare numerosi collegamenti tra i sistemi periferici da controllare ed un'unica centrale di controllo ubicata in un posto definito. Pertanto, è stato decisamente escluso qualunque sistema di gestione centralizzata che utilizzi tecniche tradizionali (contattori o relè) e che necessiti di numerosi collegamenti di potenza tra la periferia e il centro di controllo. Secondo le più moderne tecnologie esistenti, è installato un sistema di gestione centralizzato che, invece di avere una grossa centrale di controllo "intelligente" e periferie "stupide" ad essa collegate con centinaia di fili, utilizza una piccola e semplice unità di gestione centralizzata (personal computer) e delle periferiche intelligenti, collegate tra loro e alla centrale da un solo cavetto di tipo telefonico. Per rendere pertanto "intelligenti" le periferiche, il sistema prevede l'installazione, nei pressi delle periferiche stesse (ad esempio i singoli quadri elettrici di sottodistribuzione), di unità a microprocessore in grado di gestire la periferica alla quale sono collegati e di essere gestite dal computer centrale. I collegamenti tra tali unità a microprocessori viene realizzato attraverso un cavo schermato e pertanto non c'è la necessità di portare in giro per il Teatro grandi quantità di cavi e quindi grandi fasci di tubi.

Funzioni del sistema

Il sistema utilizzato, tiene conto del fatto che esistono esigenze diverse a seconda delle differenti destinazioni degli ambienti, ma anche specificità legate alla presenza di particolari servizi. Esiste, comunque, un gruppo di funzioni destinate a tutti i tipi di ambienti come: illuminazione, porte tagliafuoco, riscaldamento, aerazione, climatizzazione, sicurezza, gestione dei carichi.

La caratteristica fondamentale del sistema è la sua struttura decentralizzata, questo significa che non vi è necessità di una unità centrale cui affidare il controllo dei dispositivi collegati al sistema. Ogni apparecchio viene collegato al bus mediante un dispositivo dotato al proprio interno

dell'intelligenza necessaria, sotto forma di un microprocessore dotato di tutti i programmi funzionali. La struttura decentralizzata offre considerevoli vantaggi in termini di semplicità, affidabilità e flessibilità. In un sistema bus decentralizzato non vi è la necessità di un'unità che interroghi ciclicamente tutti gli apparecchi per sapere se è successo qualcosa e si occupi di assegnare l'accesso al bus; un guasto resta circoscritto all'apparecchio in cui si è verificato e non influenza in nessun modo il resto del sistema. Si può, inoltre, cominciare da configurazioni semplici, procedendo poi con grande facilità a successivi ampliamenti.

Funzionamento del sistema

Tutti gli interruttori, pulsanti, dispositivi automatici di comando e altre periferiche, che per semplicità nel seguito chiameremo sensori, sono collegati, attraverso un accoppiatore, ad un punto qualsiasi della linea bus, senza particolari accorgimenti. Alla stessa linea sono collegati anche i cosiddetti "attuatori" cioè quegli elementi che sono demandati ad "attuare" un determinato comando; ciascun attuatore viene individuato da un preciso "indirizzo" che lo identifica in maniera univoca nell'ambito del sistema. Quando viene sollecitato un sensore, lungo la linea bus viene inviato un "telegramma", con un preciso comando. All'interno del telegramma è contenuto anche un "indirizzo" cui corrisponde uno o più attuatori. Quindi solo questi ultimi risponderanno al messaggio e tramuteranno il comando ricevuto in un'azione verso le utenze a cui il comando era effettivamente indirizzato. In questo modo il carico, in termini di tempo della linea Bus, è molto limitato. La trasmissione avviene solo attivando il sensore e, quindi, la linea bus viene impegnata solo per breve tempo.

Assegnazione dell'indirizzo

Ogni componente del sistema, sia esso sensore o attuatore, viene identificato attraverso un indirizzo fisico. Tutti gli apparecchi hanno riportato sul proprio accoppiatore un tasto con un LED. Premendo questo tasto, l'apparecchio entra in comunicazione con il PC di controllo dal quale riceve, attraverso la linea bus, il proprio identificativo univoco. Dopo questa operazione, sarà sempre possibile effettuare ulteriori inserimenti o modifiche

funzionali sull'apparecchio senza la necessità di accedere fisicamente all'apparecchio stesso.

Linea e mezzo trasmissivo

L'unità minima del sistema realizzato è la linea EIB. Essa è alimentata singolarmente da una alimentazione propria separata galvanicamente dalle altre (sotto continuità assoluta). Allo stato attuale, le linee installate sono sette, ma se ne possono installare anche altre, praticamente in numero illimitato. Ciascuna linea è contenuta entro una lunghezza di 1000 metri e collega fino a 64 apparecchi, sia in funzionamento da sensori (interruttori, sensori di luminosità, ecc.) sia in funzione di attuatori (bobine di comando per motori, apparecchi illuminanti, ecc.). Il mezzo trasmissivo è un cavetto schermato contenente due coppie di conduttori (diametro 0,8 mm). Una coppia è utilizzata per la trasmissione delle informazioni e per fornire un'alimentazione in bassissima tensione di sicurezza (24 V), mentre l'altra funziona da riserva. La velocità di trasmissione è pari a 9,6 kbit/sec. Su questo mezzo trasmissivo, l'informazione binaria viene trasmessa in modalità seriale.

Configurazioni future del sistema e sua flessibilità

Il sistema previsto, del quale oggi funziona tutto il controllo e la gestione degli impianti elettrici, ha la possibilità di essere ampliato praticamente senza limiti. Infatti, mediante alcuni componenti detti accoppiatori di linea, a ciascuna delle linee principali si potranno collegare fino a 12 linee, ognuna delle quali potrà avere collegati fino a 64 apparecchi bus. In questo modo, si potranno collegare al sistema oltre 700 apparecchi bus. Se le esigenze, in termini di numero d'apparecchi da collegare al sistema, crescono ulteriormente, si possono collegare ad un bus dorsale fino a 15 linee principali attraverso opportuni componenti. Con questa configurazione, si potranno collegare al sistema oltre 10.000 fra sensori ed attuatori. I vantaggi di un sistema decentralizzato come quello scelto, si fanno più evidenti via via che cresce la complessità del sistema. Infatti, ciascuna linea può funzionare separatamente dalle altre, in caso di guasto su di una linea, le altre continuano a funzionare indisturbate. Inoltre, se un comando o un controllo deve essere trasferito tra due o più apparecchi collegati ad una stessa linea, esso non viene inoltrato sulle altre linee, allo scopo di non far crescere inutilmente il

"traffico" globale sul mezzo trasmissivo. Infine in caso di cambiamento di utilizzo degli attuatori, ad esempio spostamento di utilizzo di ambienti e quindi di sistemi di illuminazione, con l'aiuto del PC di sistema è possibile in breve tempo riprogrammare la gestione generale inserendo le nuove funzioni ai sensori ed attuatori, senza variare i collegamenti fisici degli impianti.

Sistemi ed impianti da controllare e gestire

Nell'ambito della realizzazione sono state fornite, installate e rese funzionanti le seguenti apparecchiature:

- 1 Personal Computer per la supervisione centralizzata di tutti gli impianti;
- 1 Software di sistema dimensionato per gli impianti attuali e per quelli futuri;
- numerosi quadri elettrici (praticamente tutti) contenenti: ingressi binari, attuatori, striscie dati, alimentatori, bobine, collegatori a 1 e 2 moduli, accoppiatori di linea, interfaccia, accoppiatori bus;
- cavetto bus di collegamento tra gli apparecchi;
- tutti i collegamenti tra componenti del sistema e apparecchi da comandare e/o da gestire (interruttori, lampade, ecc.).

In particolare, il sistema gestisce i seguenti impianti: quadro distribuzione UPS 1, quadro locali tecnici, quadri sottopalco 1-2-3 (nr. 3), quadro cabina orchestra, quadro falegnameria, quadro palcoscenico, quadro sottopalco, quadro portineria, quadro botteghino, quadro guardaroba, quadro orchestrali, quadro comparseria uomini, quadro comparseria donne, quadro di piano 3a fila, quadro soprintendenza, quadro di piano 4a fila, quadro di piano 5a fila, quadro ballo, quadro nuovo ballo, quadro ex-bouvette, quadro scenografia.

Attualmente è possibile controllare e comandare l'intero impianto dalla "centrale di controllo", ubicata vicino alla sala quadri e al locale Vigili del Fuoco. Inoltre, alcuni comandi, relativi prettamente ai servizi generali, sono controllabili anche dalla portineria, in questo caso, attraverso una semplice pulsantiera luminosa.

Gestione dell'impianto

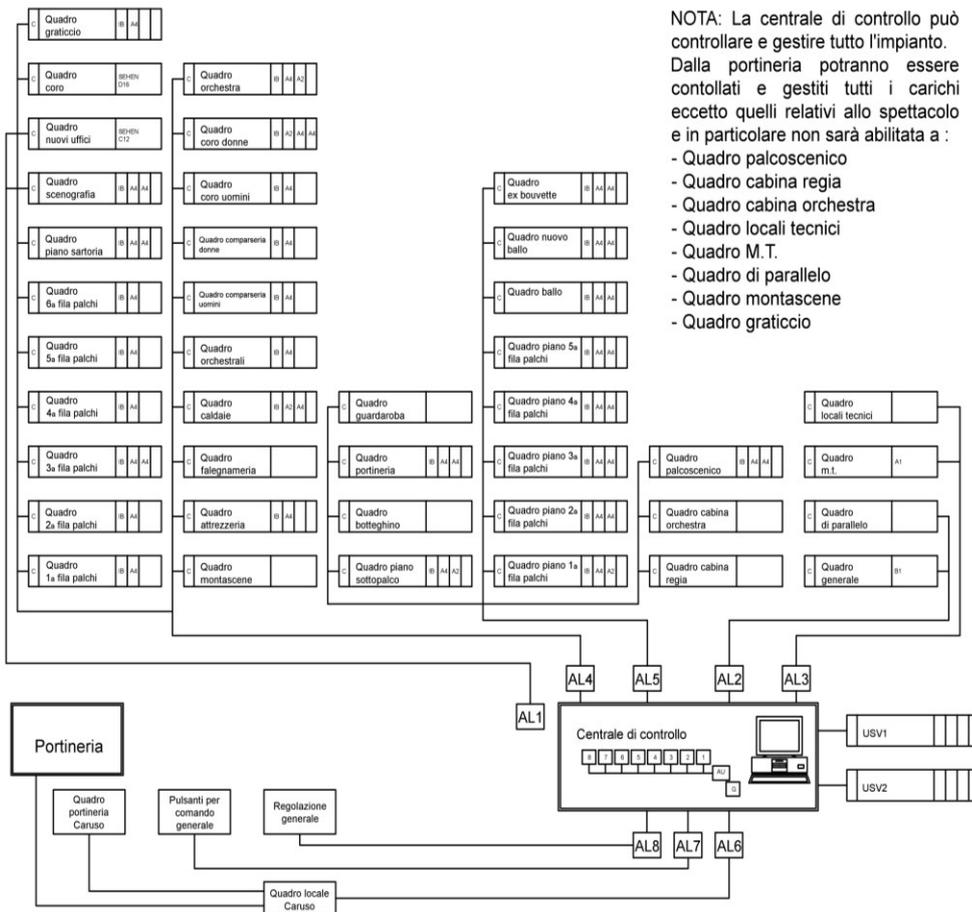
L'impianto realizzato deve essere, poi, facilmente gestito. Per far ciò, si è tenuto conto delle attuali difficoltà riscontrate e delle esigenze attuali e future.

Infatti, il Teatro che ha una superficie di oltre 20.000 m², ha una conformazione irregolare. Tutto ciò a discapito della facilità di gestione ma, soprattutto, della sicurezza: si pensi infatti, ad un intervento da effettuare con urgenza e dal quale può dipendere la sicurezza di una o più persone o dell'edificio. E' evidente, che assume enorme rilevanza la possibilità di controllare e gestire da un'unica posizione tutto l'impianto elettrico. Per controllo, si è intesa la possibilità che un operatore possa, in un'unica sala (la sala controllo), verificare, in ogni istante lo "stato" dell'impianto elettrico. Infatti, in tutti i quadri elettrici, a partire da quello di media tensione fino a quelli di sottodistribuzione, è previsto un elemento di "controllo" decentralizzato che, opportunamente collegato agli apparecchi di comando posti nel quadro, ne rileva costantemente lo stato (aperto o chiuso) ed invia questo segnale alla centrale di controllo, costituita da un PC con relativo schermo. Da tale schermo l'operatore può, in modo semplice, richiamare la zona interessata o il corrispondente quadro che l'alimenta e vedere se gli apparecchi di comando delle varie sezioni sono aperti o chiusi e, quindi, se l'impianto corrispondente è alimentato o meno.

Per gestione dell'impianto, si intende più concretamente il "comando" dell'impianto: sempre dallo stesso posto centralizzato è infatti possibile non solo visualizzare lo stato degli apparecchi, ma anche comandarli.

Ciascun quadro è, infatti, costituito da un certo numero di sezioni (settore normale, emergenza, continuità). Ciascuna sezione, indipendente dalle altre, è comandata da un unico sezionatore con a valle un contattore o, in altri casi, da un interruttore motorizzato; tali apparecchi sono comandabili a distanza, attraverso il sistema di gestione previsto. Grazie a tale impianto è, perciò possibile, da un'unica posizione, controllare e comandare tutte le sezioni dell'impianto; la postazione di controllo è stata ubicata in prossimità della postazione dei Vigili del Fuoco, durante gli spettacoli, in modo da poter interfacciarsi con essi. Oltre a ciò, una ripetizione di tale postazione, è stata prevista nella portineria centrale, locale che è sempre presidiato e che è molto vicino naturalmente all'uscita e, quindi, facilmente raggiungibile dall'esterno. Tuttavia, dalla portineria sono abilitati solo i comandi relativi all'illuminazione, mentre non sono abilitati i comandi di tutte le sezioni dell'impianto, per evitare eventuali errori negli interventi da parte di personale non abilitato. Oltre al sistema di gestione e controllo dell'impianto, tutto lo

schema di principio dell'impianto è stato previsto per poter garantire il sezionamento e frazionamento dell'impianto in vari modi, in maniera da garantire l'esercizio di alcune parti mentre su altre, anche vicine, si esegue un intervento manutentivo, il tutto in completa sicurezza. In definitiva, grazie al sistema che consente di gestirlo, il Teatro è dotato di un impianto sicuro, di semplice gestione ed estremamente versatile.



Sistema di gestione centralizzato, *Teatro San Carlo* di Napoli

2.1.7.2 *La Biblioteca Nazionale di Napoli*

Nel seguito si illustrano i criteri di funzionamento del sistema di gestione centralizzato Siemens e le sue caratteristiche peculiari.

I quadri elettrici ed il sistema INSTABUS

Tutti i quadri elettrici sono stati realizzati con carpenterie della Siemens S.p.A., Divisione A&D, e contengono apparecchi, sia modulari che compatti, della stessa casa costruttrice, sono della serie Star e Sikus Universal. Si tratta di quadri di tipo modulare, cioè quadri che hanno la possibilità di essere assemblati in diverse forme costruttive ed in varie grandezze, in funzione della modularità dei loro componenti, grazie a ciò, infatti, è stato possibile adoperarli sia in piccoli locali, dove il quadro doveva essere da parete, sia in grandi spazi dove le necessità imponevano armadi di notevoli dimensioni. La versatilità e completezza del sistema ha consentito di impiegarli sia in versioni da esterno che in versioni da incasso garantendo una uniformità di componenti che è senz'altro indispensabile per la corretta manutenzione degli impianti in epoche successive all'installazione.

La sicurezza delle linee elettriche che garantisce la relativa tutela per le cose e le persone nell'ambiente confinato, è data da interruttori magnetotermici differenziali Siemens di varie grandezze da 10 a 4000 A. Ai fini della sicurezza, ha comunque grande rilevanza, il sistema di gestione centralizzato INSTABUS della Siemens, estremamente sensibile nell'interruzione di eventuali correnti differenziali con la possibilità di controllo a distanza di tutti gli apparecchi installati. Ad esso è demandato il compito di gestire tutti i segnali, dall'illuminazione all'allarme, attraverso la posa in opera di un'unica linea a doppino telefonico denominata BUS a bassissima tensione alla quale vengono collegati in parallelo sia i sensori, come quelli di temperatura o presenza, sia attuatori, come motori e interruttori. Gli attuatori sono sempre "in ascolto" e in dialogo con la centrale di controllo, tramite i microprocessori di cui sono dotati, e reagiscono solo quando sono raggiunti da un messaggio, "telegramma", in codice digitale indirizzato espressamente a loro; qualora vengono inviati più "telegrammi" contemporaneamente sul BUS, il messaggio dal contenuto più importante ha la precedenza, attraverso la programmazione della gerarchia mediante il software.

Il grosso vantaggio, visto che si tratta di un edificio vasto e pregevole per arte e storia, è la non invasività dell'intervento, ovvero non si appesantisce l'architettura muraria con tracce per la locazione dei cavi sulle pareti. Inoltre, in caso di variazioni di configurazione degli apparecchi, non è più indispensabile cambiare il collegamento fisico tra i componenti, ma grazie al microprocessore installato in ogni dispositivo, sarà sufficiente cambiare i codici, ovvero gli "indirizzi" dei componenti esistenti, senza toccare il cablaggio.

I quadri di media tensione, invece, sono del tipo blindato, a prova di esplosione, dotati di interruttori in esafluoruro, del tipo omologato dalla stessa Enel per le sue realizzazioni. Essi sono della ABB SALE TMS, scelti per caratteristiche elettriche, meccaniche e di ingombro, infatti, sono profondi solo 1085 mm, alti 2450 mm ed ogni pannello è largo appena 500 mm. L'installazione dei quadri elettrici è avvenuta in posa unica, dato che il riempimento del gas esafluoruro di zolfo SF₆ deve necessariamente avvenire in fabbrica, si è resa la installazione del quadro in un'unica soluzione, lasciando tra la parte posteriore del quadro ed il muro almeno 60 cm di spazio.



Il quadro di media tensione – ABB SACE

Il gruppo di continuità

Uno dei componenti di maggiore importanza del progetto che riveste un ruolo cardine per la sicurezza, è il gruppo di continuità EMERSON

NETWORK POWER, esso ha la funzione di assicurare l'alimentazione al carico mantenendo i parametri di tensione e frequenza di uscita entro i limiti di regolazione previsti. Essendo ad esso demandato il compito di garantire l'illuminazione di sicurezza e l'alimentazione dei carichi "vitali" in assenza di alimentazione Enel, è collegato tra la rete di alimentazione ed il carico ed offre i seguenti vantaggi:

- miglioramento qualitativo dell'alimentazione: il gruppo genera automaticamente la tensione e la frequenza d'uscita e la mantiene regolata, entro le caratteristiche di targa, indipendentemente dalle variazioni di tensione e/o frequenza della tensione di alimentazione;
- immunità dai disturbi di rete: grazie alla conversione CA/CC e successiva CC/CA il carico risulta isolato dalla rete di alimentazione per tutti i tipi di disturbi;
- protezione contro il "blackout": in caso di mancanza della rete di alimentazione il carico continua ad essere alimentato utilizzando l'energia presente nelle batterie.

Il gruppo di continuità funziona come un convertitore CA-CC-CA. La prima conversione da corrente alternata a corrente continua è effettuata da un raddrizzatore trifase che trasforma la tensione di rete 400 V in tensione continua regolata a 432 V. Esso fornisce quindi, la potenza necessaria ad alimentare l'inverter e caricare le batterie. La seconda conversione corrente continua in corrente alternata è svolta dall'inverter con modulazione di ampiezza (PWM - *Pulse Width Modulation*). In condizioni di funzionamento normale il raddrizzatore alimenta l'inverter e mantiene le batterie in carica di mantenimento, l'inverter alimenta il carico. In caso di mancanza di rete il raddrizzatore diventa non operativo e l'inverter è alimentato dalle batterie. In queste condizioni l'alimentazione al carico è assicurata dalle batterie fino alla completa scarica delle stesse oppure fino al ritorno della rete di alimentazione, se avviene in tempo minore. In caso di mancanza della rete, il periodo in cui il carico rimane alimentato è chiamato "tempo di autonomia" e dipende sia dalla capacità delle batterie (Ah) che dalla percentuale di carico alimentato dal gruppo di continuità. Al ritorno della rete di alimentazione, il raddrizzatore ritorna operativo, alimenta l'inverter e, contemporaneamente, carica le batterie alla tensione di mantenimento impostata, di solito 432 V.



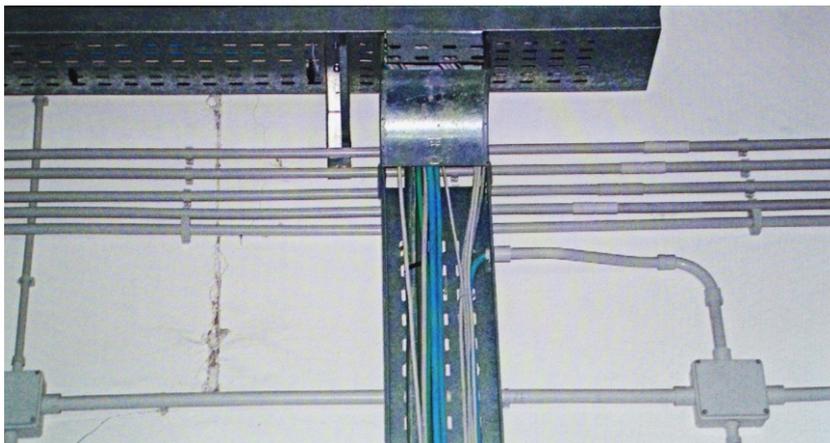
Il gruppo di continuità – *Emerson Network Power*

I cavi, le passerelle, gli accessori

La maggior parte delle vie cavi installate all'interno della Biblioteca Nazionale di Napoli sono state fornite dalla *Com Cavi* e sono della casa costruttrice *Zamet*.

Le passerelle sono in lamiera di acciaio zincata a fuoco e sono provviste di coperchi in lamiera zincata, in luoghi esposti alla caduta di materiali e nei tratti verticali fino ad una altezza di 2,50 m dal piano di calpestio. Gli eventuali spigoli vivi delle passerelle sono stati smussati o protetti in modo da evitare di danneggiare le guaine dei cavi, in particolare durante la posa.

Essendo stati installati molti chilometri di cavi in un edificio di pregio per arte e storia, ed essendo il cavo elettrico uno degli elementi che può determinare l'innescio di un incendio, gli stessi hanno le massime caratteristiche di sicurezza prescritte dal CEI.

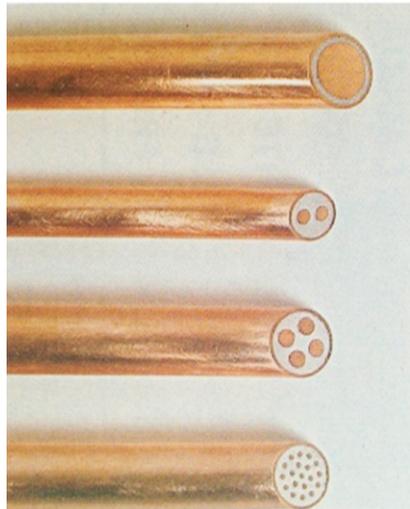


Cavi all'interno di passerella in uno dei locali cabina

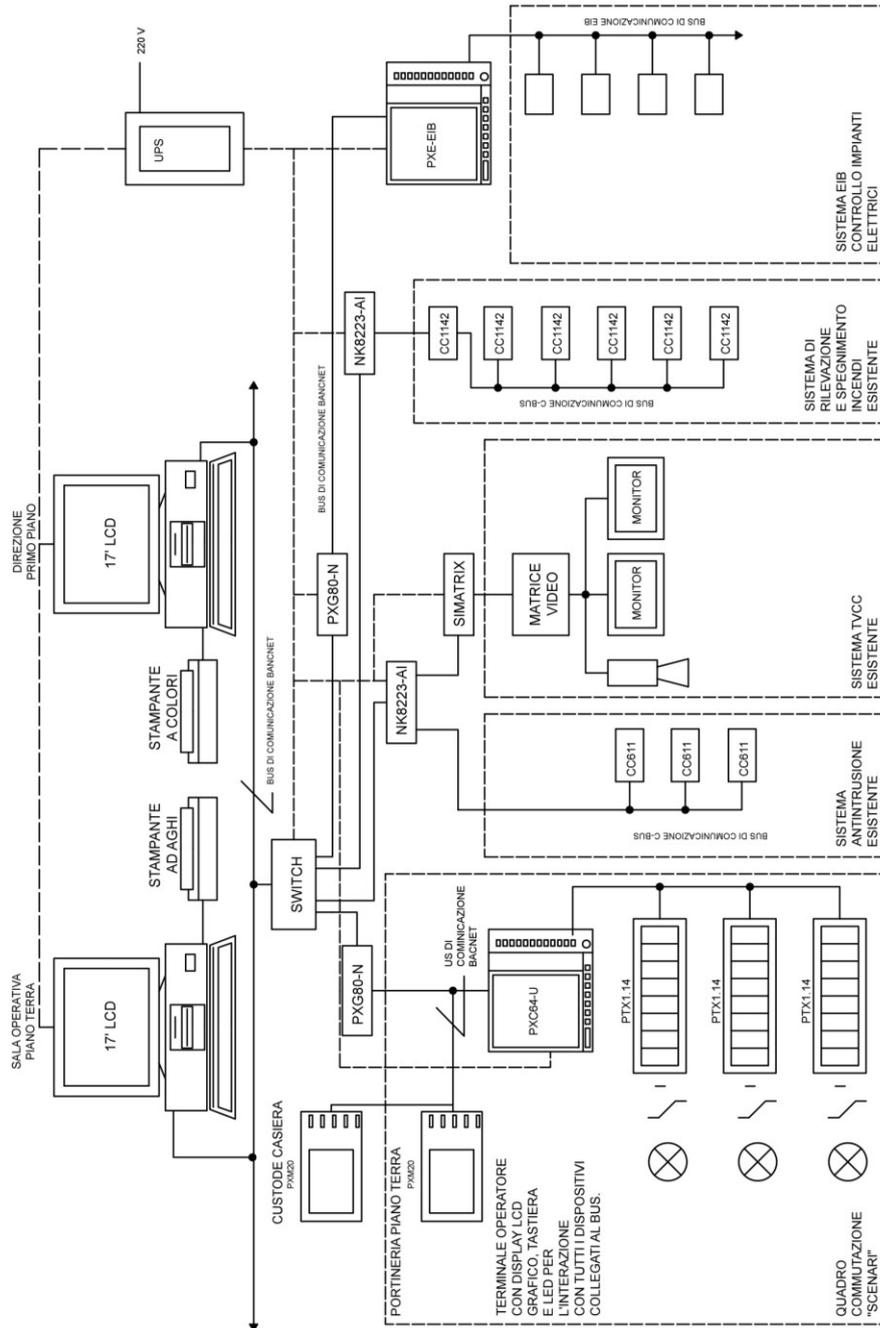
Tuttavia, la maggior parte dei cavi posati in campo per la distribuzione elettrica sono stati cavi di tipo minerale, utilizzati sia per la distribuzione luce e forza motrice nei luoghi con maggior rischio d'incendio, sia come alimentazione dei servizi di massima sicurezza, cioè quei servizi destinati a restare in funzione anche durante l'eventuale incendio. Tale cavo, della ditta Europa Metalli, ha caratteristiche diverse da quelle dei cavi ordinari, infatti è costituito da:

- guaina esterna, continua e senza saldature, realizzata con tubo in rame DHP con punto di fusione pari a 1083 °C;
- isolante in ossido di magnesio fortemente compresso, con punto di fusione pari a 2800 °C;
- conduttori ricotti in filo di rame elettrolitico ETP 99,9 con punto di fusione pari a 1083° C.

I cavi di tipo minerale risolvono alcune problematiche di sicurezza fondamentali nel settore specifico, infatti, non invecchiano nel tempo in quanto l'isolante non si ossida, non temono le sovratemperature, ma soprattutto essi non propagano ne' la fiamma ne' l'incendio, non bruciando, inoltre, essi continuano a funzionare anche durante l'incendio.



Cavi ad isolamento minerale *Europa Metalli*: tipologie ed esempi di installazione



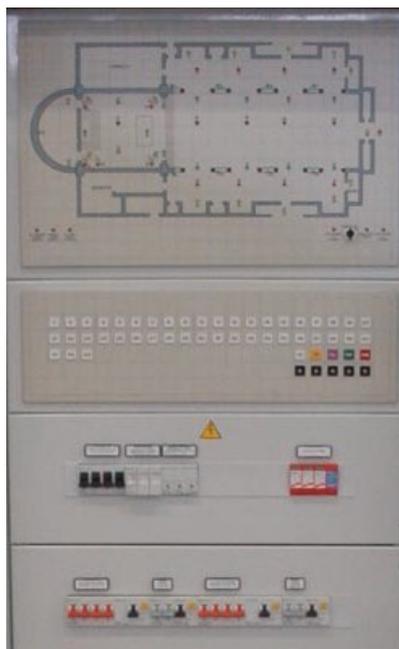
Sistema di gestione centralizzato *Biblioteca Nazionale* di Napoli

2.1.8 I quadri elettrici

Le reti di distribuzione devono attestarsi a quadri elettrici che devono essere coerentemente dimensionati ed avere in generale le caratteristiche di seguito sintetizzate:

- essere installati in punti baricentrici per facilitare l'alimentazione dalla rete di distribuzione primaria e minimizzare l'impatto ambientale dei circuiti che si diramano verso le utenze scegliendo, possibilmente, locali o zone non accessibili al pubblico;
- avere dimensioni compatte per mitigare l'impatto ambientale, preferendo componenti modulari prefabbricati ed apparecchiature con fissaggio a innesto su guida DIN onde semplificare le operazioni di installazione e la manutenzione;
- essere costruiti in conformità alle norme specifiche di prodotto (CEI 17-13) con gradi di protezione adatti all'ambiente di installazione e comunque non inferiori a IP2X;
- essere accessibili e manovrabili solo al personale addetto scegliendo, in mancanza di locali dedicati, sistemi di protezione che prevedono l'uso di portelli provvisti di chiusura a chiave²².

²² Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999



Esempio di quadro elettrico generale di una chiesa

Talvolta è preferibile nascondere i quadri elettrici all'interno di nicchie, o comunque, in appositi vani pensati in fase di progettazione e non successivamente, valutando, inoltre, gli eventuali spiacevoli danni della dissipazione termica alle pitture, agli arazzi, alle coperture che li custodiscono.

Anche questo è un esempio di sinergia e comunicazione che necessita di attuarsi tra i soggetti coinvolti: impiantista, azienda produttrice di quadri elettrici, restauratore.

2.1.9 Sicurezza per la tutela del patrimonio

« L'opera d'arte si offre alla coscienza nella sua bipolarità. Come prodotto dell'attività umana l'opera d'arte pone una duplice istanza: l'istanza estetica che corrisponde al fatto basilare dell'artisticità per cui l'opera è opera d'arte; l'istanza storica che le compete come prodotto umano attuato in un certo tempo e luogo e che in certo tempo e luogo si trova. »

(C.Brandi, *Teoria del restauro*, Einaudi ed.1977, Torino)

Tutelare il patrimonio storico e artistico, come prescritto dalla Legge 1/giugno/1939 n. 1089, significa proteggere gli edifici e le opere in essi contenute, conservare e recuperare le testimonianze dell'arte e della cultura delle passate civiltà dalle intemperie del tempo, anche e soprattutto, da incendi, furti e atti vandalici.



Museo Diocesano di Osimo

Al fine di tutelare il patrimonio storico e artistico, è quindi necessario:

- predisporre adeguati sistemi di rivelazione e estinzione incendi;

- installare sistemi di dissuasione contro danneggiamenti e furti garantendo un adeguato livello di illuminamento di sicurezza nelle vie di esodo per permettere l'evacuazione in caso di pericolo ed evitare trafugamenti di opere;
- realizzare un impianto di diffusione sonora per segnalazione antipanico in caso di pericolo;
- installare dispositivi di rilevazione barometrica negli ambienti o in prossimità di opere oggetto di tutela particolarmente sensibili alle variazioni climatiche;
- ubicare i dispositivi per lo sgancio di emergenza, atti a togliere tensione alle diverse attività, in luoghi o zone protette e facilmente accessibili ai Vigili del Fuoco.

Si ricorda che la recente Norma CEI 64-15 richiede la continuità di servizio, al mancare dell'alimentazione principale dell'energia, per tutti i circuiti realizzati con finalità di tutela del patrimonio artistico (art. 4.1).

Le tecnologie moderne permettono di disporre, sia a livello di componenti che di tecniche di reti, di efficaci sistemi di protezione con basso impatto ambientale.

Tra i componenti di nuova generazione si segnalano:

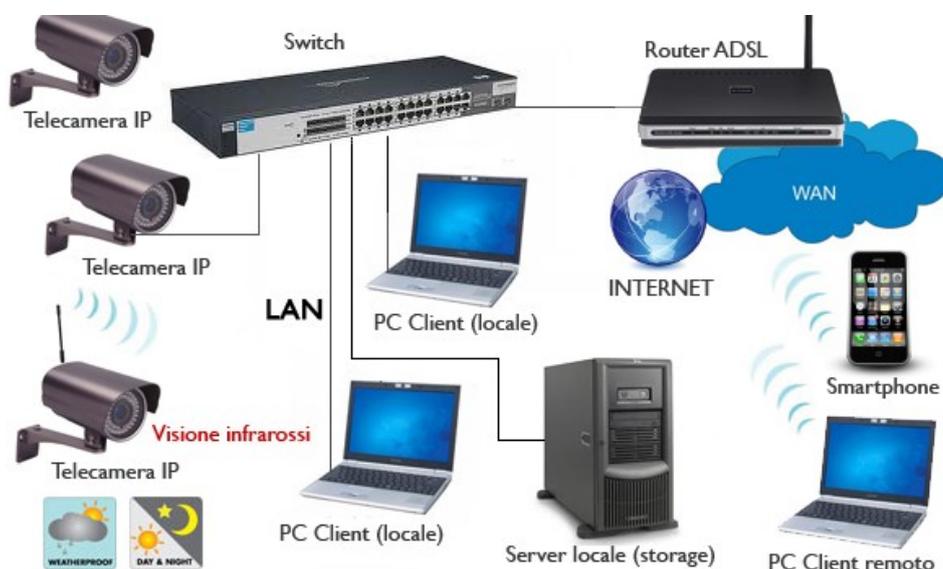
- rivelatori di fumo del tipo indirizzato e con autodiagnosi in grado di controllare in modo continuo l'efficienza dei componenti e di identificare l'area di intervento;
- sistemi di rivelazione lineari con ricetrasmittente inglobata e specchio sul lato opposto della zona da proteggere che, nelle grandi aree, eliminano le problematiche legate alle reti di interconnessione dei numerosi sensori tradizionali installati a "zone di competenza";
- sistemi di rivelazione tubolari ad aspirazione, che permettano di risolvere i problemi di protezione nelle zone particolarmente critiche come le volte e/o le zone sottopavimento.

Per la protezione contro i danneggiamenti e i furti delle opere, risulta necessario disporre di sistemi di controllo e dissuasione che utilizzano procedure in grado di permettere il rapido ed efficace intervento degli addetti alla sorveglianza.

Oltre ai classici sistemi passivi realizzati da dispositivi magnetici o inerziali che implicano una complessa rete di distribuzione perimetrale per le connessioni, risultano efficaci:

- sensori volumetrici a cosiddetta doppia tecnologia radar e infrarossi, che minimizzano i fenomeni di “falsi allarmi”;
- barriere a infrarossi con effetto tenda, che garantiscono le protezioni riducendo il numero di componenti e di conseguenza il loro impatto estetico e quello delle condutture che li alimentano.

Anche nel campo dei sistemi di rilevazione delle immagini sono migliorate le tecnologie per la tutela delle opere d'arte, recentemente, infatti, si sono rese disponibili telecamere con zoom automatico e brandeggio di 360° comandabili direttamente dalla centrale di controllo, o attraverso la rete dai propri smartphone e tablet, che permettono così la visione globale dell'area protetta²³.



Esempio di sistema di videosorveglianza su reti Ethernet e reti Wireless

Le nuove tecnologie, sfruttando il protocollo TCP/IP, il canale di comunicazione più utilizzato per il trasferimento di dati tra computer collegati

²³ Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999

in rete e via Internet, permettono sia di arrivare a tutti i dispositivi elettronici in uso, sia di gestire i diversi sistemi e di integrarli tra loro con interfacce studiate appositamente per le diverse necessità. Ad esempio, è possibile attivare e orientare nella zona interessata le telecamere di controllo a seguito di un semplice segnale proveniente dal sistema di antintrusione: il sorvegliante vede apparire in automatico nel monitor sia la zona interessata che le procedure da attivare riducendo così drasticamente i tempi di intervento della sicurezza attiva.

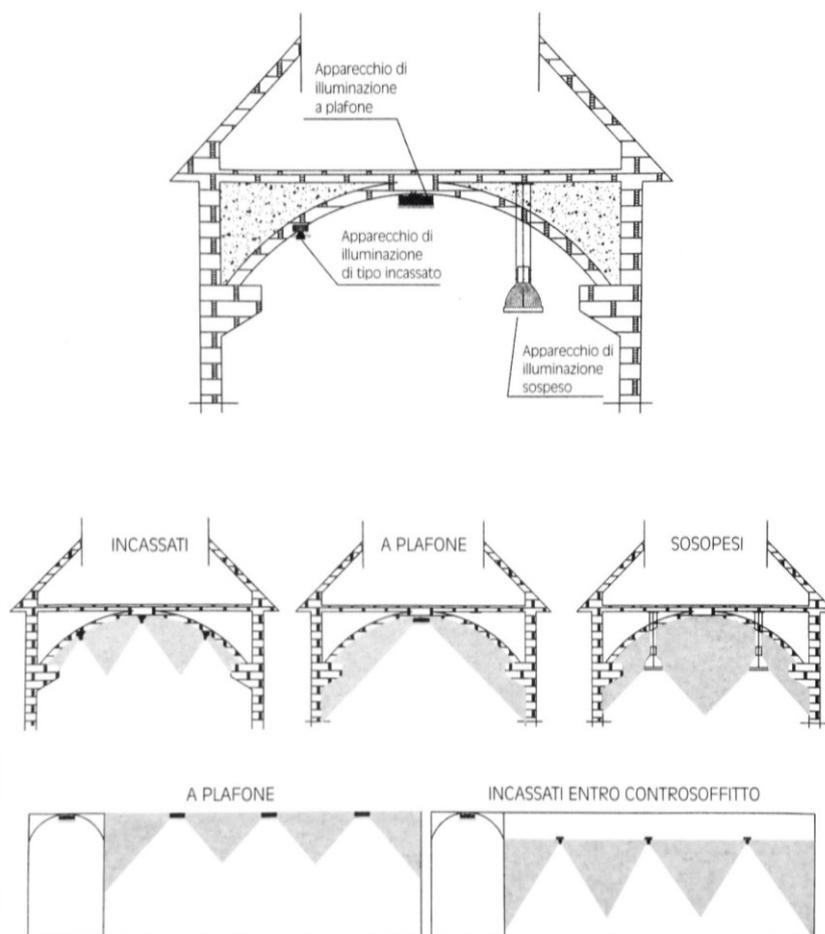
2.2 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI UN IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

2.2.1 *Illuminazione di interni*

L'illuminazione generale degli interni dipende essenzialmente dalle caratteristiche architettoniche dell'edificio e dalle superfici che si vogliono o si devono illuminare anche in relazione alle loro caratteristiche cromatiche e fisiche.

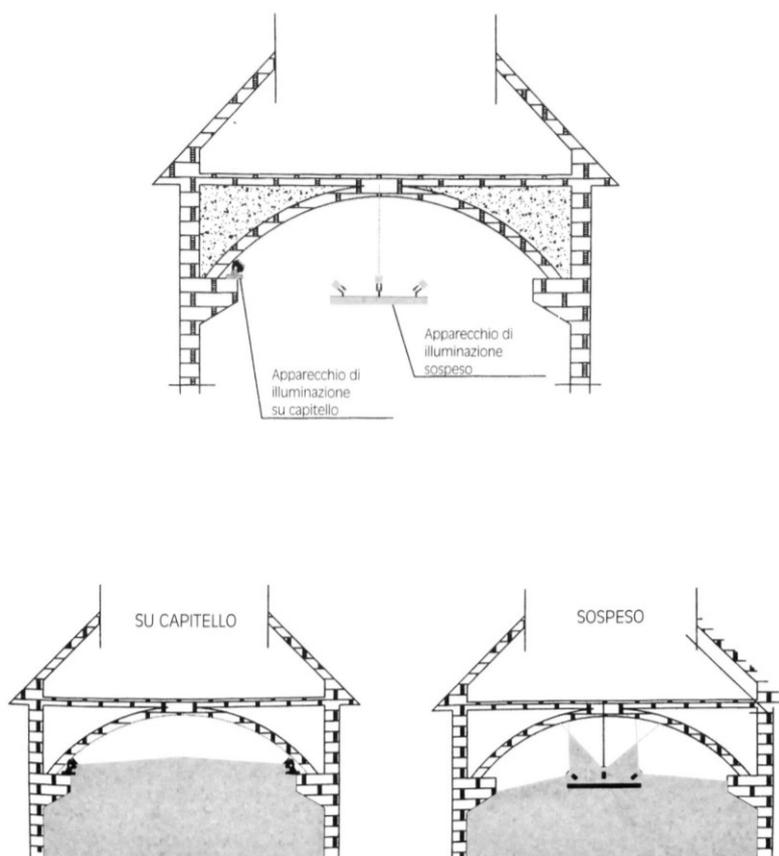
In generale si possono scegliere tre soluzioni:

- **illuminazione diretta** con apparecchi di illuminazione a plafone o ad incasso che indirizzano la luce direttamente sulle superfici inferiori (piano di calpestio) senza illuminare né le pareti né la copertura;
- **illuminazione indiretta** con apparecchi di illuminazione installati a sospensione, all'interno di nicchie o a parete che indirizzano la luce sul plafone e sulle pareti ottenendo l'illuminazione delle superfici inferiori (piano di calpestio) per riflessione;
- **illuminazione mista** con apparecchi di illuminazione che realizzano un'illuminazione sia diretta che indiretta.



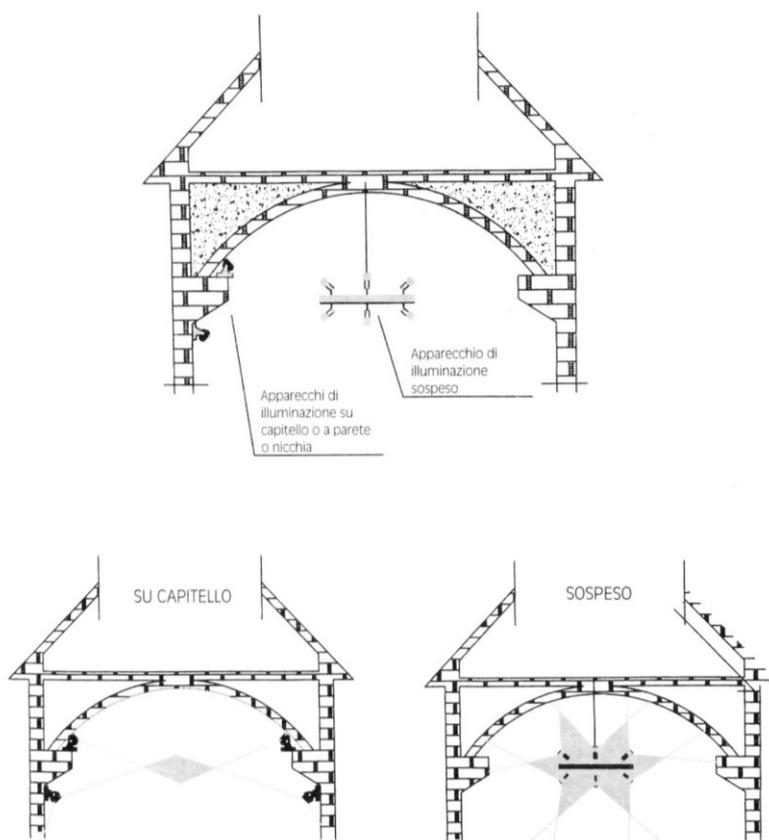
Illuminazione diretta

Gli apparecchi di illuminazione sono installati nel plafone o nel controsoffitto, a volta o a piano. Tale soluzione si caratterizza per l'illuminazione di ambienti privi di affreschi su volte o a plafoni.



illuminazione indiretta

Gli apparecchi di illuminazione, preferibilmente del tipo con ottica asimmetrica, sono installati a parete, su nicchie e/o a sospensione. Tale soluzione si caratterizza per una illuminazione ottimale del piano di calpestio con una assenza assoluta di fenomeni di abbagliamento ma è attuabile solo in ambienti in cui le superfici delle pareti e del plafone siano chiare e prive di affreschi (i notevoli livelli di illuminamento necessari possono provocare danneggiamenti).



Illuminazione mista

Gli apparecchi illuminanti sono installati a parete, su nicchie, a plafone e/o a sospensione. Tale soluzione si caratterizza per una illuminazione attuale di tutte le superfici ed è quindi adatta per tutti gli ambienti in cui siano presenti e volte affrescate.

Nella realizzazione dell'impianto di illuminazione generale occorre tenere presente le seguenti linee guida:

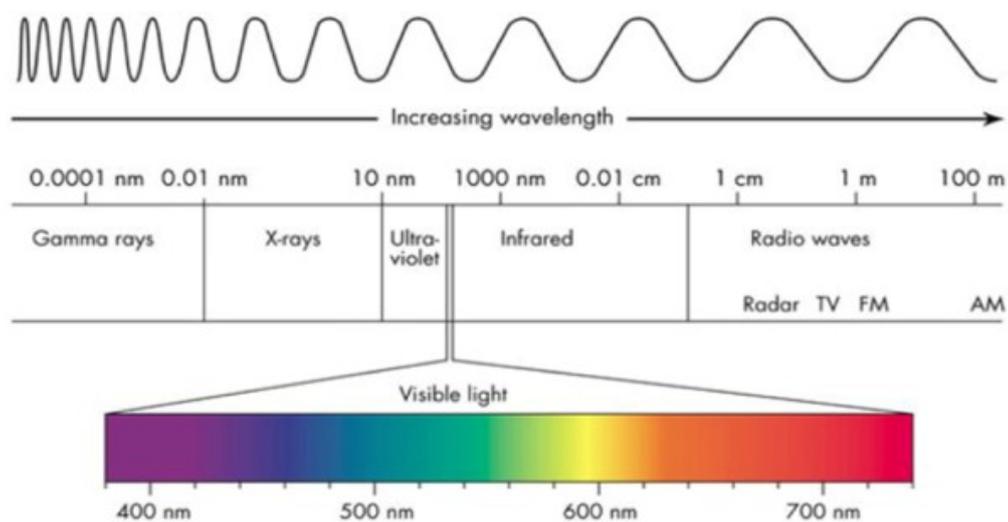
- il livello di illuminamento deve essere modulato in relazione alle esigenze specifiche: >300 lux per illuminazione di accento di particolari; 100-150 lux nei percorsi aperti al pubblico;
- gli apparecchi di illuminazione devono essere installati in posizioni facilmente raggiungibili per le operazioni di manutenzione ordinaria come la pulizia e la sostituzione delle lampade;

- l'orientamento degli apparecchi di illuminazione deve essere indirizzato in modo da evitare abbagliamenti.

2.2.2 Illuminazione delle opere d'arte

L'illuminamento di un'opera d'arte è determinato da un compromesso fra le esigenze di apprezzamento visivo ed una buona conservazione dell'opera.

Nello spettro elettromagnetico a ridosso della fascia di luce visibile, sono poste le bande dell'ultravioletto (UV) e dell'infrarosso (IR), ovvero i tipi di radiazioni emesse dalle lampade. Oggigiorno, tutto ciò che non è visibile, è schermabile con barriere e filtri posti tra la sorgente luminosa e l'oggetto da illuminare, per limitarne l'azione nociva. Quest'ultima, a seconda della lunghezza d'onda, può interessare dallo scolorimento dei pigmenti allo screpolamento dei rivestimenti, dalla perdita di resistenza meccanica delle fibre dei tessuti alle dilatazioni termiche con conseguente origine di tensioni meccaniche²⁴.



Lo spettro elettromagnetico

²⁴ Sergio Berno, *Criteri progettuali generali*, in *Gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia*, bticino, Torino 1999

Nella pratica della progettazione si ricorre al controllo di due parametri, ponendo dei limiti ai rispettivi valori in lux e lux ora:

- il livello di illuminamento medio E_m , ossia la quantità di luce che investe l'opera;
- l'esposizione energetica Q .

Quest'ultima attiene alle specifiche condizioni materiali e temporali della messa in mostra dell'opera, ed è espressa come il prodotto di tre fattori:

- il valore in lux dell'illuminamento medio di esercizio (E_m);
- il tempo di esposizione alla luce in ore (t);
- un fattore correttivo, *Fattore di danno relativo* (D_r), che tiene conto delle caratteristiche di aggressività dei fasci luminosi e della presenza di elementi di protezione, come vetri e filtri anti UV e IR.

Il fattore di danno relativo D_r è dato dal rapporto tra il *coefficiente di danno* D del sistema di illuminazione utilizzato e quello di riferimento D_{rif} , di valore pari a 0,04, costituito da una lampada a incandescenza protetta da una lastra di vetro in attinico dello spessore di 6mm.

L'esposizione energetica è data dal prodotto:

$$Q = D_r E_m t \text{ (lux ora)}$$

Per i materiali molto sensibili, il limite dell'esposizione energetica è di 50.000 lx ore/anno, per quelli moderatamente sensibili di 500.000 lx ore/anno. Se l'opera, durante il giorno, è illuminata con diversi tipi di fonti luminose (luce naturale ed artificiale, insieme o alternativamente), l'esposizione energetica risulta dalla sommatoria delle singole esposizioni.

Recenti studi hanno comunque permesso di individuare i livelli di illuminamento raccomandati per le diverse tipologie di oggetti e la buona conservazione dei materiali di cui sono composti.

gruppo	tipo di materiale	lux raccomandati
A	Materiali estremamente sensibili alla luce: tessuti, tappeti, arazzi, manoscritti e documenti, cuoio tinto e piume	50
B	Materiali moderatamente sensibili alla luce: pitture ad olio e tempera verniciate, affreschi, materiali organici come ossa e avorio	150
C	Materiali relativamente insensibili alla luce: metallo, pietre, ceramica, vetro.	> 300 occorre tuttavia evitare l'eccessivo riscaldamento degli oggetti

Livelli di illuminamento raccomandati per la buona conservazione dei materiali

L'illuminamento deve essere uniforme per oggetti di superfici piane (quali quadri, affreschi) mentre per gli oggetti tridimensionali (statue, bassorilievi, ecc.) è generalmente utile, al contrario, una disuniformità allo scopo di far risaltare la forma dell'oggetto. L'uniformità dell'illuminamento raccomandabile su superfici piane dipende dalle esigenze di "lettura" dell'opera, dalla distribuzione delle parti con diverso fattore di riflessione e dalle dimensioni dell'opera stessa. Per un dipinto o affresco di dimensioni tali da consentire all'osservatore uno sguardo d'assieme, si ottiene una soddisfacente uniformità con rapporti:

$$E_{min} / E_{med} > 0,5$$

$$E_{max} / E_{min} < 5$$

Le sorgenti luminose devono presentare un'elevata resa cromatica per non alterare la visione del colore originale esposto e una totalità di luce (espressa dalla temperatura di colore °Kelvin) coerente con la composizione cromatica

degli oggetti, come stabilito dalla norma UNI 10380 revisionata dalla UNI EN 12464.

gruppo di resa del colore	gamma dell'indice di resa del colore	sorgenti luminose disponibili	campi di applicazione
1A	$RA \leq 90$	-luce naturale -lampade ad alogeni -lampade ad incandescenza -lampade fluorescenti a 5 bande	dipinti, affreschi, arazzi, tappeti
1B	$RA 80 \div 90$	-lampade fluorescenti a 3 bande -lampade al sodio del tipo "a luce bianca" -lampade ad alogenuri con $Ra > 80$	mosaici, intarsi lapidei e marmorei, vetri policromi. (La scelta della sorgente luminosa deve assicurare una resa cromatica soddisfacente alle tinte dell'oggetto da illuminare).
2	$RA 60 \div 80$	-lampade al sodio del tipo "a resa del colore migliorata" -lampade ad alogenuri con $Ra > 60$	Oggetti monocromatici o ad essi assimilabili, statue

Classificazione delle lampade per resa cromatica e relativi campi d'applicazione nel settore dell'illuminazione di musei

Il diagramma di Kruithof evidenzia bene le caratteristiche e l'idoneità delle sorgenti in relazione ai livelli di illuminamento ed alla temperatura di colore.

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili diverse soluzioni per affrontare il problema:

- apparecchi di illuminazione con sorgenti compatte e ottiche adattabili da fascio stretto a fascio largo equipaggiabili con dispositivi di filtri per eliminare gli effetti nocivi dei raggi ultravioletti;
- lampade di nuova generazione, sia di tipo fluorescente con temperatura di colore e resa colore elevate, che del tipo alogeno o ad alogenuri metallici o al sodio a luce bianca le cui caratteristiche principali, in relazione al tipo di lampada, sono elencate di seguito:

Sorgenti luminose	alogene	sodio a luce bianca	alogenuri metallici
Resa colore (Ra)	100	< 80	< 80
Temperatura di colore (°K)	2.700	2.500	3000-5.400
Efficienza (lumen/watt)	20	40	70
Durata (h)	2.000	5.000	6000

Caratteristiche principali tipi di lampade

- sistemi di illuminazione a fibre ottiche che permettono di ottimizzare con minimo impatto le esigenze di illuminamento di opere anche molto delicate, evitando problemi di danneggiamento da riscaldamento e/o da raggi ultravioletti;



Museo Archeologico, Finale Ligure (SV): illuminazione a fibre ottiche

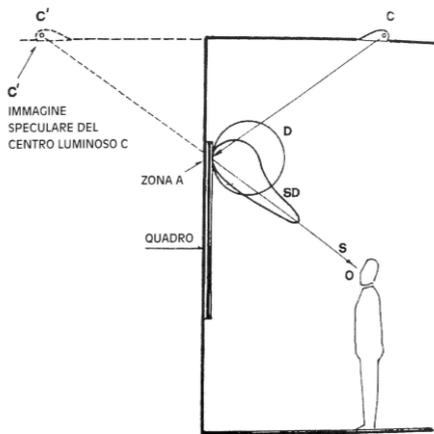
- il sistema di illuminazione a led che da semplice utilizzo di indicatore nei circuiti elettronici ha allargato la sua sfera di applicazione fino a comprendere ogni tipo di ambiente, inclusi i musei, i luoghi pubblici e, naturalmente, l'illuminazione residenziale. Basso consumo, lunga durata e risparmio energetico sono i vantaggi insieme all'assenza dei costi di manutenzione, all'elevato rendimento e al funzionamento in sicurezza contro una stretta banda di emissione e alta intensità luminosa. Nel caso dei musei, le luci a led non solo consentono di valorizzare appieno lo spazio museale o espositivo, spesso ricavato in edifici storici e di interesse architettonico, ma anche di illuminare l'opera in modo corretto, non invasivo. Attraverso l'uso dei led si possono inoltre segnalare percorsi al visitatore, accompagnarlo attraverso la scoperta delle opere. Si rende necessario illuminare le stesse con lampade a led che non emettono irradiazioni all'infrarosso e tanto meno quelle ultraviolette, entrambi responsabili delle alterazioni cromatiche e della deformazione della colorimetria pigmentica che dà origine all'ingiallimento o invecchiamento visibile dell'opera, in quanto si va a selezionare la lunghezza d'onda della luce emessa, e quindi il

suo colore, agendo sul divario tra i livelli energetici dei materiali semiconduttori utilizzati.

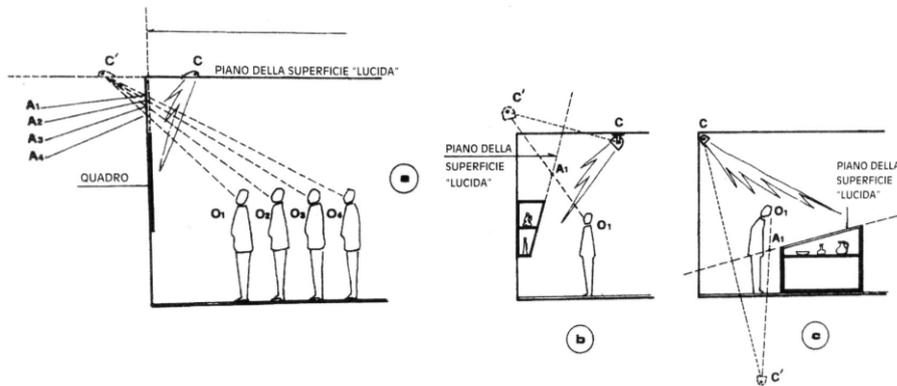


Museo Egizio, Torino: illuminazione a led, Ilti Luce e Philips

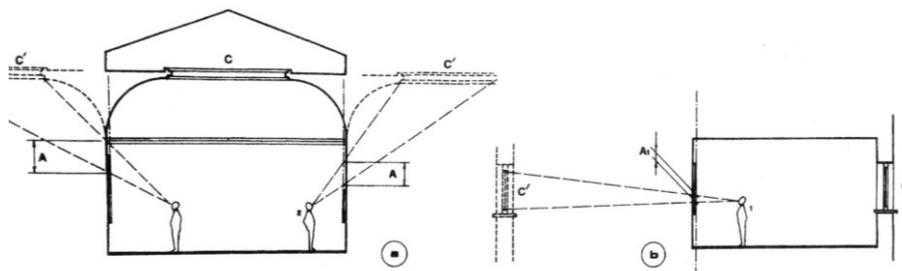
Occorre, inoltre, evitare l'abbagliamento sia diretto che indiretto. Per l'abbagliamento diretto è sufficiente schermare le sorgenti luminose, mentre per quello indiretto, particolarmente critico nel caso di superfici piane e lucide, quali quadri protetti con lastre di vetro o dipinti ad olio, occorre considerare la posizione reciproca tra le sorgenti luminose sia naturali che artificiali e l'osservatore. Posizioni che devono essere tali da evitare che la visione speculare della sorgente luminosa, rispetto alla posizione dell'osservatore, interferisca con l'oggetto in visione. Diversamente si determinano macchie luminose che rendono difficoltosa la visione.



Riflessione diffondente (il diagramma sferico D), speculare (il vettore S) e semispeculare (la curva con la cuspid SD), che si hanno rispettivamente: con superficie “matta” (una parte scabra ad esempio), con uno specchio, con superficie lucida (un dipinto ad olio, un quadro protetto da lastra di vetro, ecc.). I comportamenti S e SD creano una macchia luminosa sulla tela in corrispondenza del punto in cui la retta: occhi dell'osservatore - immagine del centro luminoso - interseca il quadro.



Disposizione corretta fra superfici lucide e centri luminosi ai fini della buona resa dei contrasti sugli oggetti osservati: la retta O_1-C' non interseca il quadro o il contenitore; ovvero il punto A_1 , di intersezione tra O_1-C' e la superficie lucida, è esterno all'area di esposizione.



Perdita di contrasto nella zona A_1 dei quadri per effetto di un posizionamento non corretto del lucernario in a) e della finestra in b). Il quadro di destra in a) non è interessato ad alcuna riflessione speculare, per la sua ridotta altezza (la zona A_1 cade al di fuori della sua superficie).

L'osservanza di questi criteri determina ulteriori vincoli, e quindi, difficoltà realizzative nell'installazione degli apparecchi di illuminazione e nella posizione reciproca tra oggetti esposti, apparecchi illuminanti e posizione di visione.

Per gli allestimenti di mostre all'interno di edifici, una soluzione ottimale può essere l'utilizzo di pavimenti flottanti e/o intelaiature aeree saldamente legate fra loro in modo da creare un'unica struttura autoportante sulla quale ancorare l'intero impianto elettrico (binari elettrificati, condutture, apparecchi di illuminazione, ecc.). Tali strutture, considerate inamovibili per caratteristiche di peso, dimensione o soluzioni geometriche adottate, permettono di evitare le problematiche legate all'impatto ambientale (vincoli artistici), facilitando così il compito al progettista che può dedicarsi esclusivamente alla sicurezza e all'efficacia dell'impianto di illuminazione delle opere.

2.2.2.1 *L'illuminazione artistica della collezione Farnese nel Museo Archeologico di Napoli*

La collezione Farnese, collocata nel Museo Archeologico di Napoli, riunisce in gran parte repliche colossali di età imperiale da originali greci, provenienti dalle terme di Caracalla a Roma. Fu cominciata da Alessandro Farnese nel 1534, ma si incrementò notevolmente per opera del nipote, anche egli di nome Alessandro, uno dei più grandi mecenati del tempo. Attraverso il suo impegno, la collezione di famiglia assunse dimensioni grandiose e il massimo sviluppo. Collaborò con lui anche Fulvio Orsini, bibliotecario del

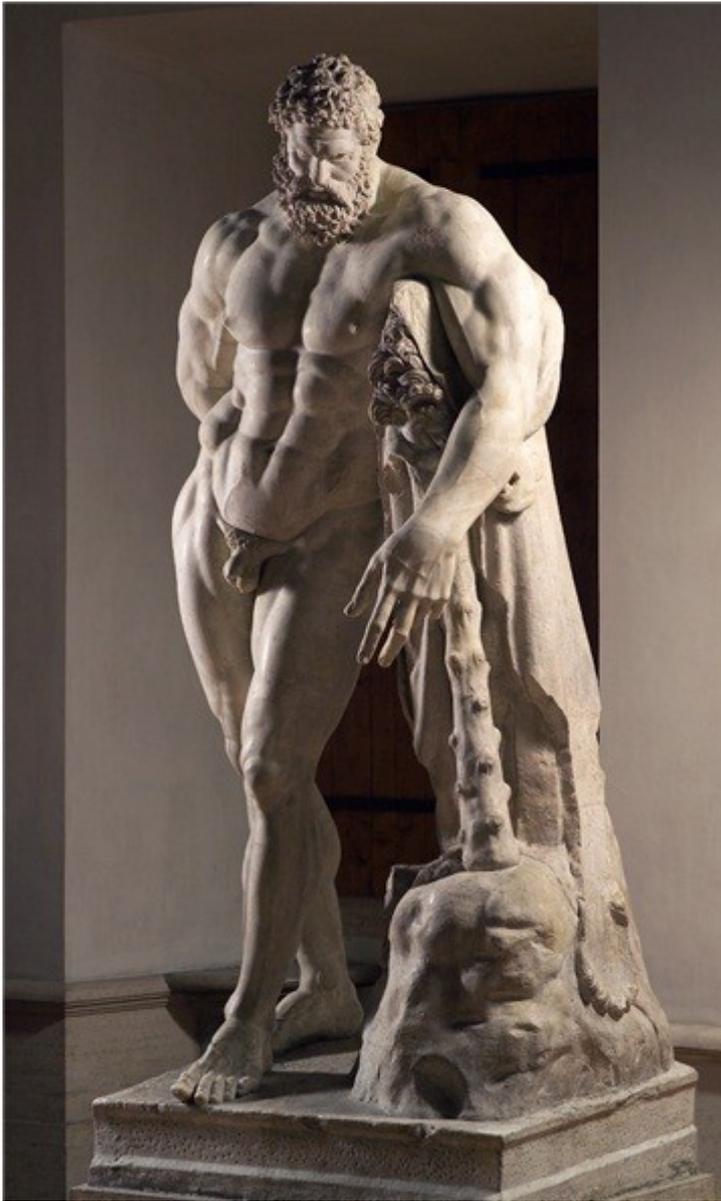
papa, e uno dei più importanti antiquari dell'epoca, la cui collezione di gemme, monete e busti, vent'anni dopo passò in eredità ad Odoardo Farnese. Si dice che, paradossalmente, chi voglia conoscere il fulgore dell'impero romano, debba recarsi in questo museo e vedere la collezione Farnese.

Le opere più pregiate sono il Toro Farnese e l'Ercole Vincitore. Il primo è definito "la montagna di marmo" poiché fu ricavato da un unico blocco; esso rappresenta il supplizio di Dirce, legata a un toro inferocito dai fratelli Anfione e Zeto come punizione per le angherie ripetutamente inflitte alla loro madre, Antiope. Al centro si erge il toro trattenuto, da un lato per le corna, da uno dei due fratelli, mentre l'altro tiene la fune con la quale la sventurata è ancorata all'animale. Sulla destra un cane e un pastore osservano la scena, mentre alle spalle emerge la figura di Antiope con il tirso in mano. Sfortunatamente resta ancora insoluta la questione relativa alla sua datazione: secondo alcuni si tratterebbe dell'originale di età ellenistica, mentre altri vi individuano l'opera di un copista di età giulio-claudia o di età severiana.



Il *Toro Farnese*, Museo Archeologico di Napoli

L'Ercole Vincitore, invece, è rappresentato nudo, barbato, con la testa inclinata verso sinistra e lo sguardo rivolto verso il basso. Il braccio sinistro pende inerte in avanti, il destro è voltato dietro la schiena a reggere i pomi delle Esperidi appena conquistati. La scultura, è una riproduzione ingrandita di una scultura bronzea, oggi perduta, creata da Lisippo nel IV sec. a.C.



L'Ercole Vincitore, Museo Archeologico di Napoli

2.2.2.1.1 *Il progetto illuminotecnico*

Per una collezione di così grande pregio che attira migliaia di visitatori da ogni parte del mondo, è stato sviluppato un progetto illuminotecnico che,

tenendo conto della particolarità degli ambienti e dell'importanza delle opere in essi contenute, tendesse pur nel rispetto del risparmio energetico, a valorizzare al massimo i capolavori citati. La collezione Farnese è raccolta in molteplici sale, diverse tra loro per conformazione architettonica, allestimento e materiale esposto.

Le sale dalla XXV alla XXVIII del Museo ospitano gruppi scultorei di medie o piccole dimensioni, sono ampie e molto illuminate dalle grandi vetrate poste su uno dei lati corti delle stesse, inoltre, l'allestimento è costituito da gruppi scultorei alcuni dei quali posti su basi in pietra in maniera baricentrica rispetto alle sale e, altri su mensole poggiate lungo i muri perimetrali. In queste sale, l'illuminazione è stata studiata per dare in ogni momento il giusto taglio di luce alle singole sculture: per illuminare gli ambienti è impiegata luce indiretta, mentre per le sculture una luce d'accento. Allo scopo sono stati previsti e utilizzati due apparecchi illuminanti differenti: l>ID-SW QT-DE e il Cardian-Spirit CS-L3 della Zumtobel. Il primo, destinato all'illuminazione di fondo delle sale, illumina gli ambienti riflettendo la luce sulle volte chiare delle sale, accentuando l'ampiezza delle stesse. È costituito da una testata in alluminio pressofuso, riflettore in alluminio anodizzato e satinato con elementi laterali in alluminio brillantato e martellato per un'emissione asimmetrica del flusso luminoso e rifrattore di sicurezza in silicato temperato.



Gli ambienti sono illuminati con una luce indiretta grazie agli apparecchi *ID-SW QT-DE*
Zumtobel

L'illuminazione d'accento è, invece, stata demandata al Cardian-Spirit CS-L3 della analoga casa del primo, ed è stato scelto per la sua versatilità. Infatti, l'apparecchio è costituito da una cornice rettangolare in alluminio estruso e due barre trasversali in pressofusione in alluminio e da una armatura da parete dello stesso materiale che permette l'attacco al muro e la rotazione di 45° complessivi della cornice lungo l'asse di ancoraggio tra i due elementi. Nella cornice sono allocati tre fari che possono essere ruotati di 90° in due direzioni poiché montati su testate a orientamento cardanico 2x45°, in questo modo è possibile illuminare tutti i gruppi scultorei con la giusta luce d'accento. La struttura è stata installata orizzontalmente appena sotto la linea di imposta della volta, per non interrompere la volta e perchè questa modalità permette di direzionare al meglio i fari.



L'illuminazione d'accento è demandata alla serie *Cardian-Spirit CS-L3 Zumtobel*

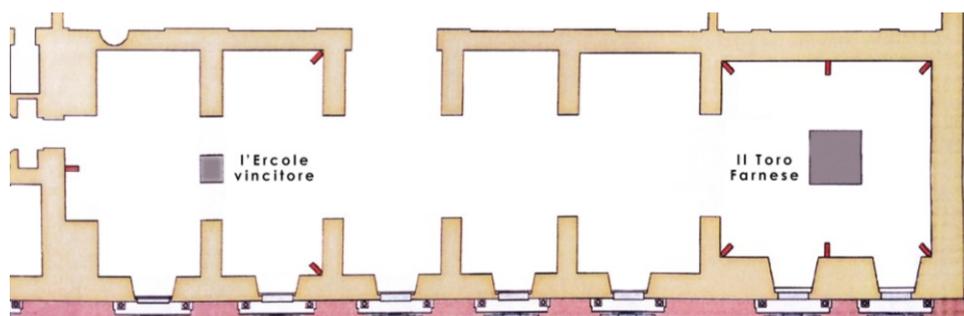
Il progetto, naturalmente tiene conto anche delle normative vigenti per i luoghi aperti al pubblico, sicché alcuni di questi apparecchi illuminanti sono alimentati in continuità assoluta da un gruppo UPS dedicato a queste sale; inoltre, il faro centrale di ogni apparecchio è alimentato dalla linea di emergenza sotto gruppo elettrogeno, in questo modo si è raggiunto l'obiettivo di adeguamento alla norma senza dover inserire ulteriori apparecchi illuminanti. La validità di questa illuminazione è stata poi esaltata dal sistema Luxmade della Zumtobel. Negli imbotti delle finestre sono stati installati dei lettori di luminosità che percepiscono e registrano la quantità di illuminazione naturale e trasmettono il dato al quadro centrale, questo, opportunamente programmato, regola tutti gli apparecchi in maniera differenziata in modo che ogni angolo delle sale abbia lo stesso livello di illuminazione impedendo quindi che venga utilizzata indiscriminatamente la luce artificiale dove può bastare quella naturale. Tutti gli apparecchi sono, quindi, dimmerati e l'intensità luminosa varia al variare della luce diurna proveniente dalle finestre. La regolazione avviene automaticamente e in maniera impercettibile al visitatore che gode solo i benefici di una corretta illuminazione. Il sistema è del tutto automatico e facilmente programmabile manualmente, tale da essere adeguato a qualsiasi eventuale cambiamento di allestimento delle sale o di illuminazione naturale.

Il progetto è, inoltre, rispettoso dell'ambiente museale in cui l'impianto è stato realizzato, infatti, onde evitare l'aspetto solitamente antiestetico delle scatole di derivazione dei cavi elettrici, almeno la maggior parte di esse sono state rese invisibili, attraverso un semplice espediente che comunque necessita di una attentissima esecuzione dei cosiddetti disegni "as built". Le scatole di derivazione sono incassate leggermente sotto il filo muro finito, in modo che il coperchio, una volta montato, si trovasse ancora a qualche millimetro sotto il filo muro finito. A questo punto, i coperchi sono stati anch'essi intonacati e verniciati come il muro, divenendo praticamente invisibili.

C'è anche da sottolineare che se i cavi sono ben dimensionati, e l'impianto è ben realizzato e altrettanto ben gestito, è molto raro che si debba intervenire in tali scatole di derivazione.

2.2.2.1.2 L'illuminazione scenografica

Le sale dalla XI alla XVI ospitano diversi gruppi scultorei di grande dimensione tra cui il Toro e l'Ercole Farnese. Gli ambienti sono stati oggetto di un intervento meno radicale, ma fortemente volto a esaltare gli splendidi gruppi scultorei che costituiscono i capolavori del Museo. Le sale che ospitano le sculture sono molto alte, circa undici metri, e illuminate da ampie finestre dove la luce naturale è schermata da tende a tutta altezza. Anche in questo caso si è deciso di utilizzare diversi tipi di apparecchi per ottenere altrettante composizioni di luce.



La planimetria delle sale con l'ubicazione del *Toro* e dell'*Ercole* e la posizione dei sagomatori

In questo caso però, si è ricorsi a una vera e propria illuminazione "scenografica". L'illuminazione diffusa di fondo si è ottenuta con dei binari elettrificati lungo i cornicioni posti appena sotto l'imposta delle volte, su questi sono stati installati degli apparecchi illuminanti di colore bianco con possibilità di rotazione della lampada di 360° lungo un asse. Sfruttando questa capacità, alcune lampade sono state rivolte verso l'alto per illuminare le sale in maniera indiretta e, altre, verso il basso ad accentuare alcuni aspetti delle sculture poste lungo il tragitto che unisce il Toro Farnese con l'Ercole. Questa illuminazione, in parte di fondo in parte d'accento, è stata realizzata solo lungo il percorso tra i due gruppi scultorei ma non nelle sale dove gli stessi si trovano.

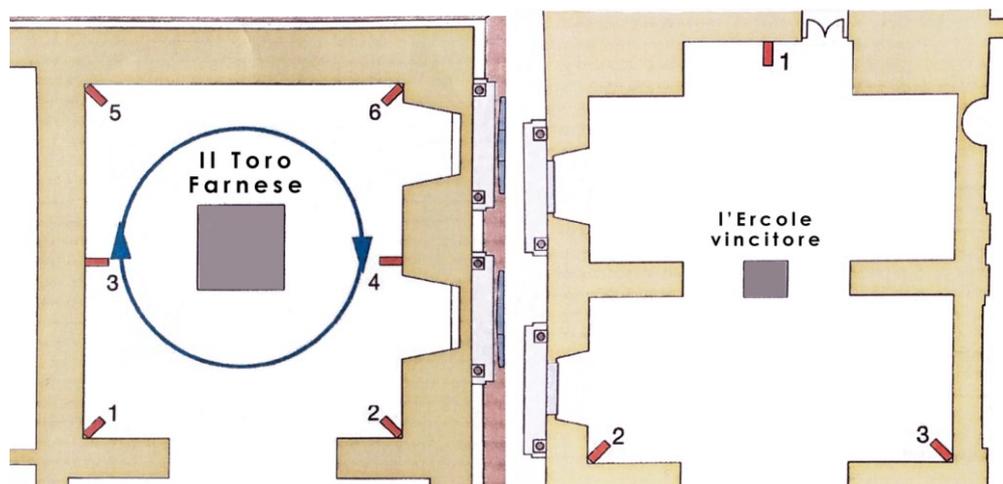
Il Toro è allestito all'interno di una sala illuminata naturalmente da due finestre poste sul lato destro della stessa e schermate da tende a tutta altezza. L'opera è costituita da un gruppo di sculture che dialogano tra di loro in un

rapporto di pieni e vuoti molto forte, il visitatore che vuol comprenderne appieno la bellezza e la complessità è "costretto" a girarvi intorno per poter osservare il rapporto tra le varie figure e il Toro e, soprattutto, per comprenderne la spazialità. Per questo motivo, l'illuminazione d'accento non poteva essere affidata a uno o più fari, benché posti lungo il perimetro ma tali da fornire la stessa luce contemporaneamente. Infatti, durante le infinite prove effettuate in campo dai progettisti e dalle imprese realizzatrici, si è constatato che tale soluzione avrebbe sì illuminato appieno il gruppo scultoreo, ma avrebbe avuto il risultato di "appiattirlo" notevolmente facendolo apparire quasi "bidimensionale". Per tale motivo è stato installato un sistema di sei sagomatori dimmerabili per esaltare la scultura durante tutta l'osservazione della stessa. La spettacolarità dell'opera ha spinto la progettazione verso la scelta e l'utilizzo di apparecchi che generalmente vengono utilizzati per un palcoscenico, e quindi per esaltare l'unicità del momento di una rappresentazione teatrale. Gli apparecchi illuminanti utilizzati per l'illuminazione del Toro, della ETC in pressofusione di alluminio, sono corredati di 4 alette sagomatrici con ottica fissa a scelta tra quelle disponibili di 19°/26°/36°/50° e con ottica variabile 250/500; per evitare un impatto forte nel punto di installazione sono stati scelti di colore bianco. Ne sono stati installati sei, quattro a ottica fissa da 36°, installati negli angoli della sala, appena sotto l'imposta della volta, e due a ottica variabile 25°/50° installati sulle pareti laterali all'opera, ognuno di questi è rivolto a esaltare ora una piega di un abito ora un muscolo teso nello sforzo di contenere l'animale.

L'unico soggetto illuminato nella sala è il gruppo scultoreo poiché si è scelto di eliminare anche l'illuminazione indiretta.

L'osservatore che entra nella sala è portato, per la stessa complessità dell'opera, a girarvi intorno, per cui l'illuminazione è stata studiata per accompagnare tale percorso e consentire appieno lo studio del gruppo scultoreo. I sagomatori sono collegati a una centralina di comando e controllo attraverso la quale è possibile decidere l'intensità della luce dei sagomatori, nonché i tempi e le modalità di accensione e spegnimento secondo degli scenari predefiniti. La centralina consente una vera e propria programmazione di tutti gli effetti scenografici desiderati. Il percorso di visita dura attualmente 2 minuti: nei primi 45 secondi i sagomatori posti anteriormente al gruppo, dal lato della testa del Toro, si portano da una intensità del 45% a quella del 100%

per esaltare la testa del toro, inclinata per sfuggire alla morsa, e il giovine che lo trattiene per le corna, le braccia in tensione a causa dello sforzo, Dirce seduta in basso sul lato sinistro del gruppo con il corpo in torsione. Man mano che i primi due sagomatori raggiungono il 100%, tutti gli altri attori del gruppo scultoreo cominciano a delinearsi in maniera più netta; a seguire, i sagomatori laterali compiono la stessa variazione di intensità luminosa mentre gli anteriori restano fissi.



Il Percorso di visita del *Toro Farnese*, è programmato per durare due minuti, durante i quali i sagomatori dimmerabili evidenziano i particolari della scultura. Per quanto riguarda *l'Ercole Vincitore* la luce è stata sagomata intorno alla scultura perchè fosse posta in evidenza la forza della stessa.

L'osservatore si sposta per guardare con attenzione parti precedentemente meno illuminate: la parte laterale del corpo del toro, e il secondo giovine che mantiene la fune, mentre dall'altro lato, si definisce sempre più la figura di Antiope. Infine, si eleva l'intensità luminosa dei sagomatori posteriori: il visitatore completa il percorso intorno all'opera che, con l'illuminazione dal retro al massimo, acquista il giusto rapporto tra parti illuminate e ombre che esalta pienamente la forma piramidale dell'opera. Una volta raggiunta la massima intensità, tutti i fari ritornano al 45% in 20" per poi dar via nuovamente al ciclo.

L'Ercole Farnese, diversamente dal Toro, è collocato quasi sotto l'arco di imposta delle volte delle ultime due sale della Collezione, per questo motivo non è particolarmente interessato dall'illuminazione naturale delle aperture delle sale adiacenti, ciò ha favorito la possibilità d'illuminazione d'accento dell'opera. Anche in questo caso sono stati utilizzati tre sagomatori ETC: due a ottica fissa da 36° posti sui cornicioni delle sale adiacenti al toro, e uno a ottica variabile da 25°/50° posto centralmente sul cornicione della sala posteriore. La luce è stata sagomata intorno alla scultura perché fosse posta in evidenza la forza della stessa. In considerazione della collocazione dell'Ercole e della conformazione dell'opera, si è progettata una illuminazione non variabile.

La chiave di lettura di questo progetto illuminotecnico è nei chiaroscuri fortemente accentuati. Il volto dell'Ercole non è chiaramente e del tutto illuminato, ma, volutamente, una parte del capo è più in ombra, anche se perfettamente visibile, e crea una sagoma lungo la spalla, in questo modo tutto il viso acquista espressività e il corpo, nella rotazione del braccio dietro la schiena o della mano protesa verso il basso, acquista una incredibile vibrazione. Il sagomatore installato sul fondo della sala è stato orientato con molta attenzione e definito perché la luce arrivasse a illuminare il corpo fino al limite della spalla destra dell'Ercole, dove il capo si ripiega, e assolutamente non oltre, in questo modo tutto il profilo della statua s'illumina e il corpo prende vita senza che il visitatore possa comprendere da dove viene realmente la luce e senza che ne possa rimanere abbagliato. Nel suo essere isolato tra gli archi di imposta delle volte, se lo si guarda da breve distanza, l'Ercole sembra quasi vivere.

Tutti gli altri gruppi scultorei sono già esaltati dalla luce dei fari posti sui binari, ma la complessità e la particolarità delle opere ha richiesto necessariamente un'illuminazione d'accento aggiuntiva capace di creare ulteriori chiaroscuri che esaltino la composizione delle sculture. Per far ciò si sono utilizzate delle parabole e lampade a specchio di altrettanta capacità scenografica anche se di intensità inferiore. Quasi tutte le opere sono sufficientemente grandi per cui, quasi per tutte, si è valutato di utilizzare due apparecchi. Anche per queste opere i chiaroscuri sono la chiave di lettura; ora sono esaltati volti che acquistano nuove espressioni, ora abiti di marmo che l'abilità degli artisti fa sembrare seta, ora mani protese a offrire fiori. È la

voluta creazione di ombre quello che rende i tratti illuminati ancora più preziosi. Il progetto propone, dunque, un percorso di luce dove, dinanzi al visitatore, si aprono infiniti palcoscenici e ogni opera diviene un piccolo spettacolo²⁵.

2.2.3 *Illuminazione di esterni*

L'illuminazione esterna e di accento dipende dalle caratteristiche architettoniche dell'edificio, dalle superfici che lo delimitano (sia come caratteristiche cromatiche e fisiche dei materiali sia come finiture) e dalle possibili condizioni di posa degli apparecchi di illuminazione.

Tra i vincoli che determinano le condizioni di posa, occorre tenere presente quelli relativi alla riduzione dell'abbagliamento nei confronti degli osservatori e delle limitazioni dell'inquinamento luminoso.

In generale si possono individuare tre tipologie di posa:

- illuminazione per proiezione delle superfici dall' esterno del perimetro che delimita l'edificio su pali o edifici adiacenti;



Museo Costiero e Centro culturale, Rørvik (Norvegia), illuminazione ERCO

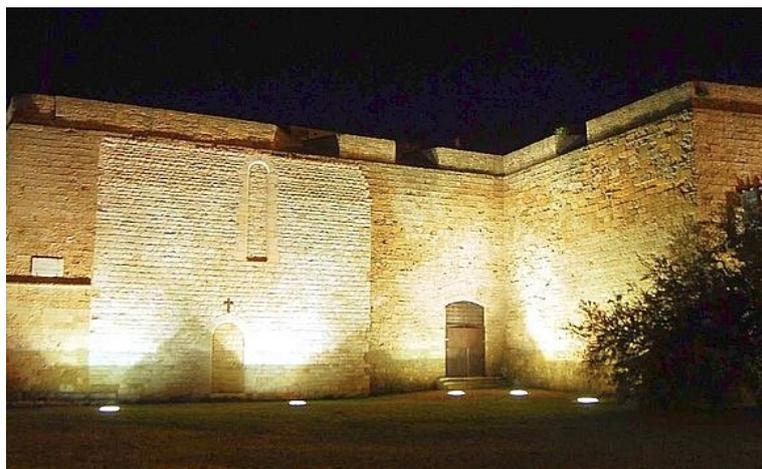
- illuminazione radente con apparecchi collocati su elementi architettonici degli edifici stessi (cornicioni, tubazioni, ecc.);

²⁵ Domenico Trisciuglio, *L'illuminazione artistica della collezione Farnese*, in rivista *l'impianto elettrico*, gennaio 2009



Il *Colosseo*, Roma

- illuminazione da terra con apparecchi a luce radente collocati alla base dell'edificio.



Complesso monumentale di *Santa Scolastica*, Bari

2.3 IL QUADRO NORMATIVO

2.3.1 *L'evoluzione legislativa e il concetto di deroga*

Il D.M. 20 maggio 1992, n. 569, all'articolo 8.1 e il D.P.R. 30 giugno 1995, n. 418, all'articolo 6.1, ribadiscono la necessità che gli impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte o storia, e in quelli destinati a contenere musei, biblioteche, gallerie, collezioni, archivi ecc., così come identificati dalla legge 1° giugno 1939 n. 1089 e successive modificazioni e integrazioni, siano essi pubblici o privati, vengano realizzati a regola d'arte, nel rispetto della legge 1 marzo 1968, n. 186 e della legge 5 marzo 1990, n. 46.

Ciò non di meno, sussistono non poche difficoltà ad integrare tali impianti, siano essi nuovi o ristrutturazioni o ampliamenti o adeguamenti di quelli esistenti, con le strutture storiche e/o artistiche da salvaguardare.

Con l'entrata in vigore delle leggi 186/68 e 46/90, l'esecuzione, il collaudo e l'esercizio degli impianti elettrici negli edifici oggetto di tutela, sono affidati all'osservanza delle norme CEI che di fatto vengono investite di peso giuridico, facendo indirettamente la loro comparsa ufficiale anche nei regolamenti, relativi alla sicurezza antincendio, dei diversi ministeri responsabili del patrimonio artistico e storico italiano (si veda, per esempio, un esplicito riferimento nel d.p.r. 30 giugno 1995, n. 418, capo III, art. 9,b). Installare nuovi impianti tecnologici in ambienti storici è sempre problematico perché l'esigenza della salvaguardia si scontra con l'effetto d'invasione e visibilità degli impianti che altera la percezione del bene monumentale. Il tentativo di coniugare l'integrità storico-artistica delle opere oggetto di tutela con le nuove tecnologie, necessarie per la sicurezza delle opere e dei fruitori, ha indotto il legislatore ad introdurre il concetto di "deroga" alle stesse prescrizioni di legge. Deroga che consente di realizzare impianti difformi da quelli prescritti dalle normative, ma con un livello di sicurezza equivalente e comunque tale da ottenere l'approvazione del "Comitato centrale tecnico scientifico" di cui al d.p.r. 29 luglio 1982, n. 577, art. 21 comma 3. Il principio che sta alla base di tale concetto di deroga è stato pienamente recepito dal Comitato Elettrotecnico Italiano nella norma CEI 64-15. Questa, però, non si limita ad indicare e suggerire le "varianti a sicurezza equivalente" agli articoli di norma solitamente utilizzati per questi ambienti, ma propone una maggiore

sicurezza in considerazione della particolare importanza che rivestono gli edifici storici e le cose in essi contenute.

Per la verità, già nel 1982, il D.P.R. del 29 luglio nr. 577, concernente l'approvazione del regolamento dei servizi antincendio, all'art. 21 del Titolo II, introduceva il fondamentale concetto di "deroga" e di "sicurezza equivalente", senza i quali non si sarebbe mai potuto risolvere la maggior parte dei casi in esame.

Ecco dunque intervenire il concetto di "deroga", che non va letto come "escamotage" per non fare ciò che si dovrebbe fare, ma solo come "possibilità" offerta al tecnico di trovare una soluzione logicamente "accettabile" ad un problema di difficilissima soluzione e, soprattutto di restare nei termini di legge.

Questo concetto di deroga è perciò strettamente legato al concetto di "sicurezza equivalente", infatti, il citato art. 21 recita testualmente: "le deroghe potranno essere accettate semprechè venga accertata la possibilità di realizzare, mediante misure alternative, un grado di sicurezza equivalente a quello prodotto dalle norme".

La Norma CEI 64-15 prescrive misure di sicurezza alternative a quelle richieste da altre norme, ma non per questo meno efficaci. Tali misure, dette "varianti a sicurezza equivalente", possono essere applicate solo allorché ricorrano entrambe le seguenti condizioni: presenza di vincoli artistici attestata dalla Soprintendenza competente per territorio (l'attestazione dev'essere parte integrante della documentazione di progetto) e impossibilità oggettiva, per la presenza dei succitati vincoli artistici, di effettuare gli impianti secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. I vincoli artistici possono riguardare qualsiasi parte, anche semplici parti murarie intonacate.

Gli edifici possono essere pregevoli per via della struttura edile o del contenuto o di entrambe le cose, possono anche essere destinati ad abitazione, a bene demaniale (ufficio pubblico), al culto, ad accogliere mostre, musei, collezioni o altro.

2.3.2 *La norma CEI 64-15*

La norma CEI 64-15 si applica “solo” agli impianti elettrici negli edifici soggetti a tutela ai sensi della legge 1 giugno 1939 n. 1089. Un edificio può essere “pregevole” ma non essere soggetto al “vincolo artistico” stabilito dalla Soprintendenza competente per territorio, che dipende dal Ministero per i beni culturali e ambientali.

Il proprietario di un immobile soggetto a vincolo non può non esserne a conoscenza perchè ha ricevuto un decreto di notifica. L’elenco degli edifici sotto tutela è, comunque, disponibile negli uffici comunali, anche se non è sempre aggiornato, perchè la Soprintendenza avverte il proprietario, ma, talvolta, non il Comune. Nel commento all’art. 1.3.2, la norma CEI 64-15 riporta l’elenco degli articoli che contengono le “prescrizioni integrative”²⁶.

Le prescrizioni più significative risultano essere:

- utenze per le quali è richiesto il servizio di sicurezza (art. 4.2);
- protezione contro i sovraccarichi (art. 4.5.4);
- valori di illuminamento di sicurezza (art. 4.6);
- misure di protezione contro l’incendio (art. 5.3).
- utenze per le quali è richiesto il servizio di sicurezza.

Utenze per le quali è richiesto il servizio di sicurezza

“Tutti i circuiti con finalità di tutela del patrimonio artistico e storico sono da considerarsi servizi di sicurezza”, questa affermazione, riportata all’art. 4.2, introduce un concetto nuovo per le norme CEI, infatti finora i servizi di sicurezza sono stati considerati necessari soprattutto per la sicurezza delle persone.

La norma CEI 64-15 non aggiunge nulla alle prescrizioni contenute nella 64-8 (Cap. 56 - Alimentazione dei servizi di sicurezza), ma elenca i sistemi di utenza per i quali è richiesto (da disposizioni di legge o da enti competenti) il servizio di sicurezza, ossia: illuminazione, allarmiantincendio, impianti di estinzione degli incendi, allarmi antintrusione, allarmi antivandalismo, diffusione sonora antipánico, tv a circuito chiuso per sorveglianza, ascensori antincendio, climatizzazione.

²⁶ Carlo Vitti, *64/15: la sicurezza elevata ad arte*, in *Panorama elettrico* 2/2000

Nel commento si dice che è preferibile l'alimentazione di sicurezza automatica e si indicano i tempi entro cui deve intervenire, secondo il sistema di utenza.

Sistemi di utenza per i quali è richiesto il servizio di sicurezza	interruzione breve	interruzione media
	≤ 0.5 s	≤ 15 s
illuminazione	⊙	
allarmi antincendio	⊙	
impianti di estinzione incendi		⊙
allarmi antiintrusione	⊙	
allarmi antivandalismo	⊙	
diffusione sonora antipanico	⊙	
TV cc per sorveglianza	⊙	
ascensori antincendio		⊙

CEI 64-15: modalità di intervento dell'alimentazione di sicurezza secondo il sistema di utenza

Per gli impianti di spegnimento automatico degli incendi, il commento rimanda all'art. 6.3 del Decreto 20 maggio 1992 n. 569 ("Nei depositi il cui carico d'incendio è superiore a 50 chili di quantità equivalente di legno per metro quadrato, debbono essere installati impianti di spegnimento automatico. Gli agenti estinguenti devono essere compatibili con i materiali depositati.") e all'art. 5.3 del D.P.R. 30 giugno 1995 n. 418 ("Nei depositi il cui carico d'incendio è superiore a $50\text{kg}/\text{m}^2$, debbono essere installati impianti di spegnimento automatico collegati a impianti d'allarme"), e ricorda che gli agenti estinguenti devono essere compatibili con i materiali depositati.

Protezione contro i sovraccarichi

Per assicurare la continuità di servizio dei circuiti di sicurezza, la norma CEI 64-8 raccomanda di non proteggerli dal sovraccarico (commento all'art. 563.3: "È fortemente raccomandato di non proteggere contro i sovraccarichi i circuiti di sicurezza..."). Secondo la norma CEI 64-15, invece, la protezione contro i sovraccarichi deve essere prevista anche sui circuiti dell'illuminazione di sicurezza, ma, per evitare interventi inopportuni del dispositivo di protezione, richiede di sovradimensionare le condutture.

Il motivo è chiarito dal commento all'art. 4.5.4: “.. l'omissione della protezione da sovraccarico può determinare, in caso di guasto sui circuiti alimentati da batterie o sistemi analoghi, correnti di cortocircuito in fondo linea molto instabili e difficilmente prevedibili e quindi pericolose ai fini dell'innescio dell'incendio”.

Per evitare interventi inopportuni del dispositivo di protezione da sovraccarico si deve realizzare il coordinamento tra i conduttori e i dispositivi di protezione, secondo la condizione:

$2IB \leq I_n \leq I_z$ (CEI 64-15, art. 4.5.4) invece di:

$IB \leq I_n \leq I_z$ (CEI 64-8, art. 433.2)

dove: I_B = corrente di impiego del circuito; I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione; I_z = portata in regime permanente della conduttura.

Nel commento si ricorda che resta immutata la seconda condizione $I_f \leq 1,45 I_z$, fatto salvo quanto diversamente specificato nel capitolo 6, per quanto riguarda l'utilizzo di cavi esistenti non rispondenti alle norme vigenti e a quelli di nuova installazione con sezione inferiore a $1,5 \text{ mm}^2$ (si tratta di un'importante variante a sicurezza equivalente).

Valori di illuminamento di sicurezza

La norma CEI 64-15 fornisce indicazioni più precise riguardo ai valori di illuminamento rispetto a quanto prescritto dalla norma CEI 64-8.

Si deve, infatti, tener conto della necessità di evacuare rapidamente le persone da ambienti angusti con la presenza di ostacoli di varia natura, pavimenti sconnessi, dell'esigenza di salvaguardare le opere da furti o danneggiamenti causati da una folla in preda al panico, e delle difficoltà di posizionare in modo puntiforme i corpi illuminanti per evitare pericolosi abbagliamenti.

I valori di illuminamento sono riportati nella tabella seguente.

CEI 64-15 art. 4.6 Valori di illuminamento di sicurezza		CEI 64-8 art. 752.56.5	
Illuminamento MEDIO su un piano orizzontale ad 1 m di altezza dal piano calpestio, non inferiore a:		Illuminamento MINIMO su un piano orizzontale ad 1 m di altezza dal piano calpestio, non inferiore a:	
2 lx minimo 1 lx	tutti gli ambienti nei quali abbia accesso il pubblico	2 lx	tutti gli ambienti nei quali abbia accesso il pubblico
5 lx minimo 2,5 lx	zone di deflusso in generale (pedane guide o corsie di passaggio, corridoi, scale)	5 lx	in corrispondenza delle scale e delle porte
5 lx	in corrispondenza delle uscite e uscite di sicurezza		
10 lx	in relazione all'analisi del rischio connesso al danneggiamento e trafugamento delle opere in situazioni di panico		

Confronto tra i valori di illuminamento di sicurezza prescritti dalla 64-15 e dalla 64-8

Eventuali livelli di illuminamento superiori (es. 10 lx), devono essere previsti in fase progettuale in relazione all'analisi del rischio connesso al danneggiamento e trafugamento delle opere in situazioni di panico.

Il livello di illuminamento medio per la ripresa del controllo TV di cui all'art. 4.3.1, deve essere valutato considerando la capacità di riflessione degli oggetti e degli ambienti da controllare. In generale, si considerano sufficienti i seguenti valori misurati sugli oggetti stessi: 1 lx per oggetti chiari, 5 lx per oggetti scuri.

Commento all'art. 4.6: "La posizione degli apparecchi di illuminazione e i livelli di illuminamento dovrebbero essere tali da permettere una sicura

deambulazione nei percorsi di deflusso anche in presenza di ostacoli, impedimenti, pavimenti sconnessi o asperità del terreno”.

A tale riguardo, è preferibile ottenere sugli stessi un livello di illuminamento non inferiore a 2,5 lux.

Per accertare il livello di illuminamento minimo degli ostacoli, la misura deve essere eseguita sull'ostacolo stesso o nella immediata prossimità. Il posizionamento degli apparecchi deve tenere conto anche della necessità di illuminare in modo specifico i punti di chiamata di soccorso e i mezzi antincendio che possono non essere espressamente posizionati lungo le vie di esodo. Gli apparecchi d'illuminazione devono essere ubicati tenendo presente la possibilità di illuminare i percorsi di deflusso anche in situazioni critiche. Ad esempio, il fascio di luce degli apparecchi d'illuminazione installati ad altezze inferiori a 2 m., potrebbe risultare oscurato dalla presenza di molte persone.

Misure di protezione contro l'incendio

Protezione dalle sovracorrenti

All'art. 473.3.2.1 a) della norma CEI 64-8 si dice che: “Quando la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale o equivalente a quella dei conduttori di fase, non è necessario prevedere la rilevazione delle sovracorrenti sul conduttore di neutro né un dispositivo di interruzione sullo stesso conduttore”. A maggiore protezione dei conduttori di sezione inferiore in caso di guasto fra circuiti di sezione diversa nella stessa condotta, all'art. 5.3.1 la norma CEI 64-15 prescrive che “i circuiti che transitano nella stessa condotta devono avere il dispositivo di protezione dalle sovracorrenti anche sul conduttore di neutro. Questa misura non è necessaria se ogni circuito è protetto da un proprio dispositivo differenziale”.

Questa prescrizione integrativa tiene conto del fatto che negli edifici oggetto della 64-15, il rischio di danno alle cose e alle strutture non può essere considerato o classificato con i tradizionali parametri che mettono a confronto i costi della prevenzione con i costi dei premi per le polizze assicurative. Si tratta, infatti, di opere e strutture la cui importanza artistica, storica e sociale costituisce un “patrimonio insostituibile”.

Prese a spina protette

Un'altra prescrizione integrativa di questo tipo, riguarda le prese a spina che devono essere protette dalle sovracorrenti con dispositivi aventi corrente nominale non superiore a quella delle stesse prese e con dispositivi differenziali aventi I_{dn} non superiore a 300 mA (art. 5.3.2). Nel commento si ricorda che i cavi di collegamento con apparecchi mobili e trasportabili devono essere conformi a quanto già prescritto dalla norma CEI 64-8.

Collegamento di apparecchi alimentati tramite cavo flessibile

I cavi di collegamento con apparecchi mobili e trasportabili devono avere la minima lunghezza possibile; a tale scopo le prese fisse devono essere installate il più vicino possibile alla posizione in cui sarà utilizzato l'apparecchio mobile o trasportabile. La lunghezza del cavo, in generale, deve essere sufficiente per la connessione diretta agli apparecchi mobili. È consentito l'impiego di cordone prolungatore purchè provvisto di presa con dispositivo di blocco (interblocco) per correnti superiori a 16 A; per correnti fino a 16 A la presa a spina mobile deve essere fornita di un dispositivo di ritenuta che ne impedisca il distacco involontario. I cavi devono essere flessibili e devono essere installati in modo da non sottoporre a sforzi di trazione le connessioni dei conduttori ai morsetti terminali. I cavi devono essere del tipo non propagante la fiamma (norma CEI 20-35) ed avere guaina con funzioni antiabrasive (norma CEI 64-2, art. 6.1.01, lettera h, punto 6).

Un responsabile per le prese a spina

Inoltre, sempre nel commento all'art. 5.3.2, si raccomanda la necessità di individuare un responsabile che garantisca la corretta utilizzazione delle prese a spina fisse e di eventuali cordoni prolungatori, anche in ottemperanza a quanto prescritto dall'art. 10.3.7.3: "Ad ogni spina non deve essere collegato più di un cavo flessibile e non è ammesso l'uso di adattatori multipli.

Monitoraggio degli impianti

Infine, molto importante, si raccomanda un monitoraggio generale dell'impianto elettrico per prevenire gli inevitabili rischi e disservizi causati dall'invecchiamento degli impianti in edifici destinati a durare nei secoli. In particolare la norma prescrive (art. 5.3.3) che "deve essere previsto un

dispositivo generale atto a rilevare lo stato delle correnti di dispersione dell'impianto".

2.4 L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA IMPIANTISTICA

2.4.1 *Sistema elettrostatico per l'allontanamento dei piccioni*

Tutelare il patrimonio storico e artistico, come prescritto dalla Legge n. 1089 del 1/giugno/1939, significa proteggere gli edifici, mantenere la loro integrità in quanto testimonianze di arte e cultura e, quindi, difenderli dagli animali.

Sono passati ormai quasi cinquant'anni, da quando la ditta Ettore Galliani di Milano, brevettò un sistema di protezione degli edifici dai piccioni per il Duomo della stessa città, tecnologia collaudata e realizzata in numerose chiese e palazzi di pregio.

Esso si basa sulla distribuzione d'impulsi elettrostatici mediante una fitta rete di coppie, polo positivo e negativo, di mini cavi in acciaio inox che garantiscono l'autonoma conducibilità elettrostatica delle strutture non gravando su di esse con messa a terra.



Procuratie Vecchie, Piazza San Marco, Venezia

I conduttori sono fissati alle coperture, alle guglie, agli elementi architettonici dell'opera con sistemi non invasivi che non danneggiano la struttura ne' si percepiscono dall'esterno. I tipi di fissaggio, come illustrato dalla ditta, possono essere di diverse tipologie a seconda del materiale su cui si va ad operare: dai tasselli al piombo sigillati con resine epossidiche alle più comuni saldature, tutti, comunque, opportunamente distanziati dai cavi in tensione mediante mini isolatori in policarbonato.



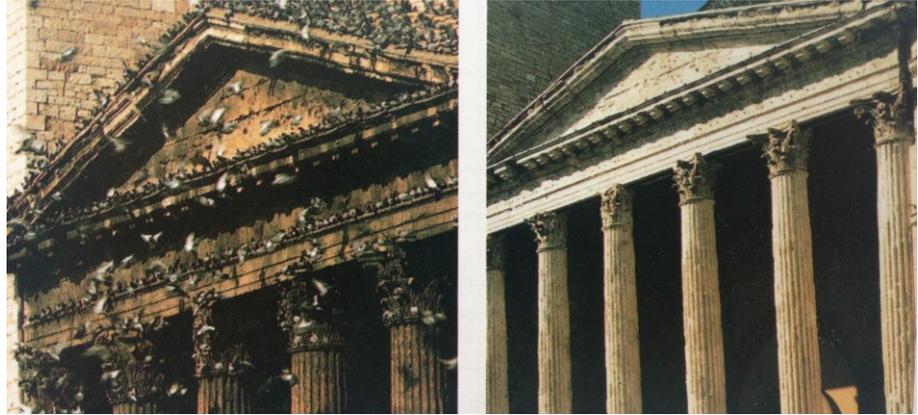
Esempio di fissaggio con tassello in piombo ad espansione

Tutta la rete è collegata al generatore di impulsi elettrostatici alimentato da una tensione di VOLT 230 AC 50 HZ con messa a terra, oppure in bassa tensione VOLT 9 – o celle solari, mentre l'erogazione di scarica è variabile fra i 2 e gli 8 KV.

L'impianto elettrostatico ha un consumo ridottissimo, pari a circa 3,8 Wh in ogni centrale, indipendentemente dalla lunghezza della distribuzione che viene eseguita, in quanto si basa sull'effetto deterrente di impulsi di pura tensione elettrostatica, ossia senza corrente elettrica, e quindi senza consumo, per cui essendo l'impulso elettrostatico eccitato per breve durata, detta eccitazione porta ad annullare quasi del tutto i consumi.

Il sistema si basa, quindi, sulla distribuzione d'impulsi di pura tensione elettrostatica, senza corrente elettrica, da un lato non si ha consumo elettrico,

dall'altro non si provoca danno né ai piccioni (come dichiarato dalla LIPU, Lega Italiana Protezione Uccelli), né agli uomini, né alle cose.



Il tempio di Minerva, Assisi, prima e dopo l'adozione del sistema elettrostatico per l'allontanamento dei piccioni

2.5 IMPIANTI NELL'EDILIZIA RESIDENZIALE REALE

2.5.1 *La Palazzina di caccia di Stupinigi*

Nel 1729 Vittorio Amedeo II incarica Filippo Juvarra di progettare una palazzina venatoria extraurbana. In quest'opera, segno ed emblema della corona sul territorio, l'architetto esprime pienamente la sua genialità e la sua capacità di plasmare lo spazio come parte integrante del territorio.



Palazzina di caccia Stupinigi, Torino

La Palazzina è pensata come una elegante casa signorile venatoria costituita da un articolato sistema che ha come fulcro un salone centrale, da cui si dipartono quattro bracci diagonali, spinta ideale alle rotte di caccia.

Il salone ellittico, a doppia altezza, è illuminato da un sistema di finestroni posti su tre ordini che si aprono verso i viali: il tema della caccia e la dedicazione a Diana sono sviluppati nell'apparato iconografico. Il complesso è costituito da una serie di locali interconnessi, originariamente adibiti a residenza estiva della corte Sabauda.

Alla morte di Juvarra i lavori sono affidati a Benedetto Alfieri, cui si deve l'innalzamento del tetto nel salone e la progettazione delle due nuove ali laterali. La progettazione del viale è un elemento integrante del progetto: realizzato nel 1754, ma già presente nell'idea del juvarriano, genera un forte

legame scenografico tra la città, la Palazzina ed il territorio; attraversando idealmente il salone centrale, infatti, la direttrice prosegue nel viale, asse portante del retrostante giardino.

Attualmente la Palazzina di caccia, di proprietà dell'ordine Mauriziano, è adibita ad attività museali di pubblico spettacolo: concerti, mostre, ricevimenti, convegni. In alcune zone sono, inoltre, presenti unità abitative ed attività di servizi e uffici per il personale. Per poter utilizzare la Palazzina per le attività sopra citate, gli Enti preposti alla tutela e alla prevenzione incendi, hanno prescritto l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di una rete antincendio estesa a tutto il complesso, includente sia aree esterne che interne;
- installazione in tutti i locali di sistemi di rivelazione fumi con segnalazione in posto presidiato;
- adeguamento degli impianti elettrici alle prescrizioni della legge 186/68;
- presenza di impianto di protezione contro i fulmini.

Inoltre, per rendere agibili le attività di pubblico spettacolo, è stato richiesto l'adeguamento degli impianti alla vigenti normative, in particolare alla CEI 64-8/7 (impianti elettrici in luoghi di pubblico spettacolo, Circolare Ministeriale N16), e alla CEI 64/15 (impianti elettrici negli edifici pregevoli per arte e storia).

In più, nei locali in cui sono esposti modelli in legno, quadri e opere d'arte che richiedono, per la loro conservazione, definite condizioni termigrometriche, è stata evidenziata l'esigenza di disporre adeguati impianti sia per l'illuminazione che per la climatizzazione.

Il progetto di intervento generale, suddiviso in lotti coerenti con le esigenze funzionali, prevede:

- le compartimentazioni antincendio, suddiviso il complesso in 5 compartimenti, con strutture murarie REI e con porte REI normalmente tenute aperte mediante elettromagneti, ma azionate automaticamente alla chiusura in caso di incendio;

- impianto antincendio: rete generale sia all'esterno che all'interno del complesso, completo di idranti UNI 45 e 70 che, per ragioni estetiche, sono stati ubicati entro pozzetti e quindi non visibili, manichette, naspi e centrale di pompaggio;
- adeguamento della cabina elettrica di trasformazione per renderla coerente con le nuove potenze necessarie;
- inserimento di alimentazione elettrica di riserva realizzata con gruppo elettrogeno ad avviamento automatico;
- impianto di rilevamento fumi;
- impianto di terra;
- impianto di protezione contro i fulmini;
- impianto di climatizzazione della manica di ponente, comprendente: installazione, dall'esterno, di un gruppo frigorifero raffreddato ad aria, installazione di un generatore di calore "low Nox" nella centrale termica esistente, installazione, all'esterno, di un gruppo di trattamento aria con recuperatore aria-aria; esecuzione di un impianto a ventilconvettori con presa parziale di aria esterna in un locale.

Per quanto riguarda la zona al piano terra del complesso, ovvero nei locali dove sono esposti i modelli in legno, i quadri e le varie opere d'arte, sono previsti:

- impianto di condizionamento locali;
- impianto di illuminazione di sicurezza;
- impianto antintrusione;
- impianto di alimentazione elettrica normale, costituito dall'impianto di illuminazione, dagli impianti accessori: prese, alimentazioni telematiche, illuminazione d'accento della Palazzina, relative reti di distribuzione.

2.5.1.1 *L'impianto elettrico*

Il progetto dell'impianto elettrico prevede la suddivisione dell'intero complesso in cinque zone, dove vengono installati altrettanti quadri, una volta definita l'esigenza di potenza elettrica.

Per ogni zona è stata prevista l'alimentazione normale, privilegiata e di continuità, che si attesta ai quadri dedicati. L'alimentazione normale è derivata dalla cabina di trasformazione, quella privilegiata dal gruppo elettrogeno. La commutazione automatica avviene nei quadri di zona ottenendo, in tal modo, il duplice vantaggio di: garantire l'intervento dell'alimentazione privilegiata anche in assenza di alimentazione in una sola zona, e di disporre, quindi, dell'alimentazione normale per le altre utenze non interessate dal guasto. Qualora venga a mancare l'alimentazione normale, tutte le zone commutano.

Le reti di distribuzione sono del tipo in cavo e seguono percorsi separati entro tubazioni interrate e canalizzazioni.

L'alimentazione di sicurezza e continuità interessa locali dedicati e compartimentati, dove si collocano i gruppi di continuità statici, completi di sistemi autonomi incorporati e di potenza adeguata a garantire l'autonomia di 1h all'impianto di illuminazione.

Per le reti di alimentazione delle utenze sono previsti cavi a tenuta di fuoco per 3 ore a 750°C, conformi alle norme CEI 20-36 e cavi ad isolamento minerale-pyrotanax.

Le zone tecnologiche per gli impianti di condizionamento sono alimentate direttamente dalla cabina di trasformazione mediante cavi non propaganti incendi, posti entro tubazioni dedicate.

La centrale di pompaggio per l'impianto antincendio è alimentata con doppia alimentazione, normale e di riserva, e con cavi a tenuta di fuoco per 3 ore a 750°C tipo 20-36.

2.5.1.2 *L'illuminazione di sicurezza*

L'illuminazione di sicurezza è stata progettata tenendo conto delle esigenze del complesso.

Sono state evidenziate e definite tre tipologie di impianto, coerenti con le caratteristiche dei locali e tenendo conto delle prescrizioni di tutela delle Soprintendenze.

Le zone individuate sono: zona citroniere e scuderie, zona salone principale, zona museale.

- Zona citroniere e scuderie

Nella zona della citroniera di levante, siccome è stata recentemente restaurata, e per evitare la posa di canalizzazioni visibili, è prevista la realizzazione di un illuminazione del tipo sempre spento in funzionamento normale, con l'installazione di apparecchi illuminanti fluorescenti, tubolari compatti, sui cordoli di attacco delle volte. Per minimizzare l'impatto ambientale, sono previsti cavi a isolamento nominale, posti sulla facciata esterna dell'edificio.

Nella zona della citroniera di ponente, l'illuminazione di sicurezza prevede, invece, apparecchi equipaggiati con lampade di tipo alogeno poste sui cordoli.

Per quanto riguarda la zona aulica, ovvero, il salone principale e gli appartamenti del Re e della Regina, la zona Principe di Carignano e la sala giochi, in questi locali, data la presenza di affreschi e decorazioni, l'illuminazione non può prescindere dal restauro e dal ricablaggio dei lampadari, inserendo negli stessi due accessori e alimentandoli in derivazione dai quadri di zona mediante cavi a tenuta di fuoco per 3 ore a 750°C, secondo la norma CEI 20-36.



Sala da pranzo, *Palazzina di caccia Stupinigi*, Torino

- Zona salone principale
L'impianto elettrico è costituito da un lampadario centrale con 300 lampadine e 12 kW di potenza richiesta, e da una serie di appliques. Esso è alimentato da cavi isolati in vinilgomma. Siccome è sottoposto a vincolo di tutela è stato oggetto di particolare attenzione per il recupero della funzionalità.



Salone di Palazzina di caccia Stupinigi, Torino

Per il sistema di gestione delle accensioni è stata utilizzata la tecnica “bus”, che permette di minimizzare l’impatto della nuova alimentazione in quanto viene utilizzata una sola linea. Con questa tecnica vengono inseriti nelle zone gli attuatori e i sistemi di comando nelle zone già servite dai comandi precedenti, utilizzando, in questo modo, le preesistenti vie cavi.

L’illuminazione di sicurezza prevede apparecchi illuminanti equipaggiati con lampade alogene, sulle balconate, del tipo sempre acceso. L’illuminazione di sicurezza ha una duplice funzione: rendere visibili gli affreschi della volta, illuminare il piano di calpestio, con un illuminamento medio di 7 lux.

Per garantire un’ulteriore sicurezza e continuità di servizio, per l’alimentazione di questa zona, si prevede l’installazione di un trasformatore di isolamento, realizzando così il sistema a separazione elettrica previsto dalla norma CEI 64/8.

- Zona museale

In questa zona, per l'illuminazione delle opere esposte, si utilizza la tecnica dell'allestimento teatrale, inserendo in ogni sala una serie di proiettori muniti di adeguati filtri ed equipaggiati con dimmer di regolazione, illuminando le bacheche in cui sono installate opere d'arte particolarmente sensibili, come i dipinti su libri, con cartoni e sistemi di illuminazione a fibre ottiche.

In queste zone l'illuminazione di sicurezza, di tipo normalmente spento, è progettata minimizzando l'impatto ambientale, inserendo apparecchi illuminanti equipaggiati con lampade dicroiche su due circuiti indipendenti.

L'alimentazione elettrica prevede l'installazione di quadretti presa dedicati in ciascuna sala, equipaggiati con protezioni magnetotermiche differenziali e contatto in scambio. In questo modo si rende automatico l'inserimento dell'illuminazione di sicurezza in caso di mancanza dell'alimentazione normale.

Per quanto riguarda, invece le zone degli appartamenti, l'allestimento, non permettendo l'installazione di quadretti presa standard, in quando non mascherabili, prevede l'installazione di torrette a pavimento del tipo compatto, equipaggiate con protezioni magnetotermiche differenziali e atte ad alimentare sia circuiti luce e prese disponibili, sia circuiti di sicurezza.

Un intervento impiantistico di rilievo consiste nell'illuminazione esterna d'accento della zona centrale della Palazzina di Caccia e del Cervo sulla copertura, che ne rappresenta il simbolo.



Vista notturna *Palazzina di caccia Stupinigi*, Torino

2.5.2 *Il Castello Ducale di Corigliano Calabro*

Il Castello fu costruito nel 1073 sotto forma di fortezza ed ebbe, successivamente, una serie di trasformazioni e rimaneggiamenti che ne mutarono e ampliarono la struttura originaria.

Il primo adeguamento fu voluto da Roberto Sanseverino IV, conte di Corigliano, che tra il 1339 e il 1361, lo trasformò in residenza signorile e ne fece assumere l'aspetto tipico dell'architettura fortificata in epoca angioina. Dal 1487 al 1495, passò all'Amministrazione Regia diventando sede di una guarnigione militare, in questo periodo fu restaurato per committenza reale. Tra il 1515 e il 1516, il conte Bernardino Sanseverino e poi, nel 1540, il figlio Pietro Antonio, iniziarono una serie di interventi di restauro. Furono sistemate, così, le varie parti della struttura: i bastioni, le torri, l'abitazione, le opere di difesa, il fossato e le prigioni. Tra il 1650 e il 1720, Agostino II e Agostino III, ordinarono nuovi lavori di restauro e ristrutturazione, e il Castello assunse l'aspetto che, in buona parte, conserva ancor'oggi.



Il Castello ducale, Corigliano Calabro

Agostino II fece costruire la torre ottagonata che sovrasta il Mastio, la cappella di S. Agostino, due spaziose rampe di accesso, alcune stanze sui lati nord e sud e altre sopra al piano nobile. Nel 1828, il Castello e il feudo, furono acquistati da Giuseppe Compagna. Nella seconda metà dell'800, il figlio ordinò gli ultimi lavori di restauro sia della parte interna che di quella esterna. Fu trasformato il fossato in giardino, furono realizzati gli affreschi nella volta della cupola della cappella, il Sopralzo della torre Mastio, il Salone degli Specchi, il trittico della Madonna delle Rose con ai lati S. Agostino e S. Antonio Abate. Nel 1977, il Castello fu venduto alla Mensa Arcivescovile di Rossano e, nel 1979, all'Amministrazione Comunale di Corigliano.



Il Salone degli Specchi, Castello ducale di Corigliano Calabro

Gli ultimi lavori di restauro del Castello sono stati terminati nel 2002. La struttura è stata dotata di tutti gli impianti elettrici e speciali, da quello di illuminazione interna ed esterna, a quelli di rilevazione incendi, TVCC, telefonico, ecc...

2.5.2.1 *L'impianto elettrico – illuminotecnico*

L'edificio è alimentato elettricamente dalla società distributrice di energia elettrica in media tensione. Gli impianti elettrici hanno origine dal punto di consegna dell'Ente distributore di energia, in questo punto sono previsti locali dedicati alla trasformazione dell'energia da media a bassa tensione.

L'allacciamento alla rete telefonica avviene mediante cassetta di allacciamento unificata, posizionata sulla recinzione.

I trasformatori MT/BT alimentano il quadro generale di bassa tensione che provvede all'alimentazione di quello di distribuzione, di quello centrale antincendio e di quello di telecommutazione del quadro elettrogeno. Il quadro generale di distribuzione alimenta i quadri di distribuzione di zona. Il quadro MT dedicato alla trasformazione è ubicato nei locali tecnici esterni al corpo di fabbrica dell'edificio ed è costituito da: una cella arrivo linea, una cella interruttore generale con interruttore MT in SF₆, due celle protezione trasformatori, due box di contenimento trasformatori con isolamento in resina della potenza di 400 kVA e altri due con rapporto di trasformazione 20000/400 V.

L'alimentazione di emergenza è affidata a un gruppo elettrogeno con potenza apparente di 400 kVA che, in caso di black-out, alimenta tutte le utenze preferenziali che fanno parte dei circuiti di emergenza previste per l'edificio. I cavi di bassa tensione utilizzati, sono stati scelti in funzione del luogo di destinazione e sono di diversi tipi: cavi non propaganti incendi FG7R, flessibili, unipolari e multipolari, per energia e con guaina in gomma G7; cavi non propaganti incendi a ridotta emissione di gas corrosivi FG7M1, flessibili, unipolari e multipolari, per energia e con guaina in gomma G7; cavi non propaganti incendi NO7V-K, flessibili, unipolari, per energia e senza guaina; cavi non propaganti incendi a contenuta emissione di gas corrosivi NO7G9-K oppure FM9, flessibili, unipolari, per energia e senza guaina.

L'impianto di illuminazione è stato progettato a seguito di un'attenta valutazione mirata a migliorare la visione delle opere esposte al pubblico e sempre nel rispetto della normativa internazionale. Sono stati previsti 1200 corpi illuminanti con un'ottima resa dei colori e spettro di emissione il più possibile simile a quello della luce del sole, in modo da non alterare la percezione della qualità cromatica delle opere esposte.

L'impianto di distribuzione FM è alimentato con sistema trifase con neutro 230/400 V 50 Hz, comandato e protetto dai vari quadri di distribuzione di zona o da quelli di utenza.

Per l'illuminazione di sicurezza sono stati installati apparecchi autoalimentati e apparecchi dotati di reattori con mininverter e corredati di sistema di controllo computerizzato di autodiagnosi programmata.

2.5.2.2 *Gli impianti per la sicurezza*

È stato realizzato un impianto di allarme incendi a norma UNI 9795, di tipo indirizzato con centrale posta nel locale dell'alloggio per il custode.

In tutte le zone di transito e sosta, sono stati previsti rivelatori ottici di fumo analogici, indirizzati con corpo in ABS, in rispetto della norma UNI EN 54-7.

In prossimità di tutte le uscite e le scale sono stati posizionati i pulsanti manuali a rottura di vetro, le targhe di segnalazione ottico/acustica e le lampade con la scritta Allarme Incendio.

Il Castello è controllato da telecamere B/N con sensore 1/3" e con obiettivo autoiris grandangolare ad alta luminosità.

Quelle che sono state ubicate all'esterno sono state dotate di custodia stagna, completa di tettuccio, riscaldamento e staffa di fissaggio. Tutte le telecamere fanno capo ad una matrice video di commutazione con 48 ingressi e 8 uscite, con possibilità di programmare la visione ciclica o contemporanea delle immagini, gestione delle uscite video mediante programmazione da tastiera integrata e titolazione di tutte le immagini per l'individuazione, sia in tempo reale che dopo registrazione. Le immagini sono visualizzate su un monitor B/N 21", in abbinamento a un videoregistratore.

Vicino alla postazione di lavoro sono state installate le prese telefoniche a parete a cui saranno allacciati gli apparecchi telefonici del tipo da tavolo.

Il comando e il controllo centralizzato delle accensioni e degli spegnimenti degli impianti, è stato affidato ad un sistema computerizzato. Con questo sistema sono stati raggiunti vari obiettivi: risparmio energetico, elevato livello di comfort e di servizi, minimizzazione dei costi di esercizio, riduzione dei tempi di modifica e di ampliamento, facilità di posa e installazione, semplicità di manutenzione, ecc..



Il *Castello ducale* e il borgo di Corigliano Calabro

2.5.3 *Il Palazzo Piccolomini delle Papesse in Siena*

Il palazzo Piccolomini fu costruito per volere di Giacomo e Andrea Piccolomini Todeschini, nipoti del papa Pio II, e inaugurato in forma solenne il 12 settembre 1469.

Elegante e armoniosa è la facciata in pietra a tre piani sulla quale sono presenti due stemmi della famiglia Piccolomini, la parte superiore è aperta da bifore e da finestre a croce guelfa ed è coronata da un cornicione. Il palazzo si caratterizza anche da un cortile interno, i cui capitelli sono opera dello scultore Marrina e realizzati intorno al 1509 -1510.



Facciata di *Palazzo Piccolomini delle Papesse*, Siena

Nella sua magnificenza il palazzo ricorda sia Palazzo Rucellai di Leon Battista Alberti, sia quello che lo stesso Rossellino disegnò per il Palazzo Piccolomini di Pienza. Alla fine del secolo XVII, questa grande famiglia si estinse e la Consorterìa Piccolomini decise di affittare l'edificio al Collegio Tolomei (Istituto fondato da Celso Tolomei nel 1629, il cui compito era quello di educare giovani nobili), che vi rimase fino all'inizio dell'Ottocento. Successivamente il Collegio si trasferisce altrove e dal 1824 il palazzo viene concesso in uso allo Scrittoio delle Regie Fabbriche, cioè allo Stato, divenne così sede di vari uffici governativi.

Dal 1858 ospita l'Archivio di Stato che, oltre ad una raccolta cospicua di documenti storici, artistici e letterari, conserva la Galleria delle 103 Tavole Dipinte, cioè delle copertine dei libri di Biccherna e Gabella (libri contabili

del Comune del XIII – XVIII secolo). Nel corso degli anni fino ai giorni nostri, l'edificio è stato più volte sottoposto a restauro e, per lo sviluppo delle funzioni dell'Archivio, la superficie del palazzo è stata ampliata. Attualmente le sale adibite ad uffici, laboratori e depositi dell'Istituto sono 108.

Sorge a pochi passi da Piazza del Campo, lungo la prestigiosa Via di Città, l'edificio è un tipico esempio di architettura rinascimentale di gusto fiorentino, che si sviluppa su tre piani: al pianterreno la facciata è in pietra a bugnato, ai piani superiori si caratterizza per la presenza di bifore. Nel 1884 il palazzo fu acquisito dalla Banca d'Italia e fu quindi sottoposto a diverse modifiche per adeguarsi alla nuova funzione, risalgono a questo periodo gli affreschi in stile neorinascimentale che decorano alcune sale del piano nobile del palazzo.

Dopo un nuovo e accurato restauro, nel novembre del 1998, il palazzo è stato riaperto al pubblico con la nuova funzione di Centro per l'Arte Contemporanea, sostenuto sia dal Comune di Siena sia da sponsor privati. Ha come obiettivo la promozione dell'arte contemporanea attraverso un'intensa attività di mostre, eventi e iniziative editoriali, di ricerche sperimentali e di didattica. Tre sono le aree di cui dispone il Centro per le esposizioni: al pianterreno vi è il *bookshop* (rinnovato su progetto dell'artista Luca Pancrazi), una libreria specializzata in arte contemporanea e spazio che annualmente viene interpretato da artisti diversi, segue l'ex Caveau della Banca d'Italia, camera di sicurezza, costruito nel 1952, divenuto ora lo spazio in cui a rotazione ogni artista crea la propria opera inedita e il Diplomatico.

Quello che costituisce il cuore dell'archivio di Stato di Siena sono i contenuti del Diplomatico e delle Riformazioni e dell'archivio dei Contratti. In essi sono presenti le carte prodotte dalle Magistrature dello Stato Senese nelle due grandi fasi della sua storia: quella repubblicana e quella granducale sino alla dominazione napoleonica.

Trattandosi di un ambiente molto pregevole, un patrimonio di circa 13 km. di scaffalature di documenti di altissimo valore storico, è stato necessario studiare soluzioni impiantistiche che non fossero banali dal punto di vista architettonico e che non andassero nemmeno a mettere in seconda luce la bellezza degli ambienti e degli arredi presenti. Inoltre, le nuove installazioni dovevano essere flessibili, espandibili ed integrabili, oltre che, logicamente, rispettare le impostazioni normative sugli ambienti a maggior rischio di incendio.

2.5.3.1 *L'impianto elettrico*

Nella stesura del progetto è stata prevista la ricollocazione della fornitura da parte dell'ENEL, e un aumento di potenza, in modo da avere una potenza totale di 100 W, per far fronte alle nuove necessità dovute all' incremento impiantistico.

Si è poi prevista una fonte di alimentazione autonoma per gli apparecchi destinati all'illuminazione di sicurezza e di emergenza, installando un gruppo di soccorso con uscita sinusoidale della potenza di 5 kW. Per i locali degli uffici, invece, dove sono presenti i computer, è stata prevista un' alimentazione privilegiata con un gruppo di continuità della potenza di 7,5 kW.

Il nuovo impianto è stato concepito suddiviso per piani. Su ogni piano è installato un quadro elettrico che è posizionato, o in un involucro apribile solo con chiave o attrezzo, oppure, ancora, in un locale con limitato carico di incendio, vicino a un punto di facile e sicuro accesso, come un corridoio, un disimpegno o un pianerottolo.

Dal quadro generale partono, verso i quadri di piano, due linee di alimentazione: quella normale e quella soccorritore, per consentire l'alimentazione delle lampade per l'illuminazione di sicurezza ed emergenza su tutti i piani.

Per quanto riguarda le canalizzazioni, esse sono diverse a seconda dell'ambiente e, quindi, della destinazione d'uso. Per la zona museale espositiva, le stesse sono del tipo sottotraccia, impiegando al massimo quelle esistenti, limitando al minimo gli interventi in questi luoghi, data la delicatezza delle decorazioni murarie e dell'elevato valore storico, artistico e architettonico. Per l'area deposito, invece, le canalizzazioni sono a vista: canale in alluminio fissato al soffitto e alle pareti mediante staffe che integra tutte le linee delle varie utenze elettriche, delle telecamere, degli allarmi, con gli apparecchi illuminanti.

Per l'alimentazione di tutte le apparecchiature elettriche funzionanti a tensione di rete e realizzate entro canali metallici posti all'esterno, sono stati utilizzati cavi multipolari non propaganti incendio (CEI 20-22) a doppio isolamento (N1VV-K, FROR-, FG7).

Per quanto riguarda, invece, l'alimentazione elettrica realizzata entro condutture poste sottotraccia e per i circuiti di allarme funzionanti a bassa

tensione, sono stati utilizzati conduttori singoli, antifiama, isolati in PVC (N07 VK).

Inoltre, è previsto che alcune alimentazioni, come i magneti di sgancio delle porte tagliafuoco o quelle per le lampade segnalatrici della via di esodo, vengano realizzate con cavo ad isolamento minerale, che meglio si adatta alla posa in ambienti particolari, perché meno invadente dal punto di vista architettonico.

2.5.3.2 *La protezione degli involucri per materiale elettrico*

La norma CEI EN 60529 1997-06 (IEC529 ex CEI 70-1)“Gradi di protezione degli involucri”, stabilisce un sistema di classificazione dei gradi di protezione degli involucri per materiale elettrico, la cui tensione nominale non supera 72,5 kV. Questa norma permette di indicare, attraverso il codice IP (*Degree of Protection*), il livello di protezione degli involucri per materiale elettrico, contro l’accesso a parti pericolose interne all’involucro e contro la penetrazione di corpi solidi estranei e dell’acqua. Questa norma non considera la protezione contro i rischi d’esplosione o contro situazioni ambientali come l’umidità, i vapori corrosivi, le muffe o gli insetti.

In ogni caso, il grado di protezione IP dichiarato deve essere garantito nella “condizione ordinaria di servizio degli apparecchi”.

Il grado IP può essere indicato esclusivamente con le due cifre caratteristiche, più l’eventuale lettera addizionale per indicare il grado di protezione per le persone contro l’accesso alle parti in tensione e lettera supplementare per fornire ulteriori delucidazioni specifiche di prodotto.

Un involucro designato con un determinato grado di protezione comporta la conformità anche ai gradi di protezione più bassi (eccezion fatta per la seconda cifra caratteristica 7 e 8 che non comportano la soddisfazione dei requisiti previsti per le cifre 5 o 6 salvo che riporti la doppia marcatura es. IPX6/IPX7).

I gradi di protezione indicati dai costruttori sono validi alle condizioni previste dai cataloghi. Soltanto il montaggio, l’installazione e la manutenzione effettuati secondo la regola dell’arte garantiscono il mantenimento del grado di protezione originale.

La prima cifra indica simultaneamente la protezione dei materiali contro la penetrazione di corpi solidi estranei compresa la polvere, e la protezione delle persone contro il contatto con parti pericolose.

IP	Significato
0	nessuna protezione
1	protetto contro corpi solidi superiori a 50 mm di diametro
2	protetto contro corpi solidi superiori a 12 mm di diametro
3	protetto contro corpi solidi superiori a 2,5 mm di diametro
4	protetto contro corpi solidi superiori a 1 mm di diametro
5	protetto contro le polveri (nessun deposito nocivo)
6	totalmente protetto contro le polveri

Prospetto significato prima lettera IP

La protezione IP1X è ammessa solo per apparecchi destinati a essere protetti da un involucro oppure installati in luoghi chiusi a chiave e accessibili soltanto a persone addestrate. Le protezioni IP2X e IP3X vengono ammesse per componenti installati in luoghi accessibili alle persone non addestrate negli ambienti ordinari che si caratterizzano per la presenza di piccoli oggetti. La protezione IP4X, che rappresenta il massimo grado di protezione contro l'ingresso di corpi solidi, viene usata quando si prevede la presenza di fili, trucioli, limature o altro. La protezione IP5X è idonea in ambienti occasionalmente polverosi come ad esempio strade non asfaltate, stabilimenti siderurgici, etc. Infine, la protezione IP6X è adatta ad ambienti permanentemente polverosi come ad esempio cementifici o depositi di sostanze polverulenti.

La seconda cifra indica la protezione dei materiali contro la penetrazione dannosa di acqua.

IP	Significato
0	nessuna protezione
1	protetto contro le cadute verticali di gocce d'acqua
2	protetto contro le cadute di gocce d'acqua o pioggia fino a 15° dalla verticale
3	protetto contro le cadute di gocce d'acqua o pioggia fino a 60° dalla verticale
4	protetto contro gli spruzzi d'acqua da tutte le direzioni
5	protetto contro i getti d'acqua
6	protetto contro i getti d'acqua potenti
7	protetto contro gli effetti delle immersioni temporanee
8	protetto contro gli effetti delle immersioni continue

Prospetto significato seconda lettera IP

La lettera aggiuntiva indica il grado di protezione contro l'accesso a parti pericolose.

IP	Significato
A	protetto contro l'accesso con la mano
B	protetto contro l'accesso il dito
C	protetto contro l'accesso con attrezzo
D	protetto contro l'accesso con filo

Prospetto significato lettera aggiuntiva IP

La lettera supplementare fornisce informazioni relative alla protezione del materiale.

IP	Significato
H	adatto per apparecchiatura ad alta tensione
M	provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso d'acqua quando le parti mobili dell'apparecchiatura sono in moto
S	provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso d'acqua quando le parti mobili dell'apparecchiatura non sono in moto
W	adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate e dotato di misure o procedimenti addizionali

Prospetto significato lettera supplementare IP

Prendendo in esame il caso di *Palazzo Piccolomini delle Papesse* in Siena, le apparecchiature elettriche inserite nel progetto rispondono ai seguenti gradi di protezione IP: IP 40 per gli spazi espositivi e museali, IP 20 per gli uffici, IP 65 per i locali tecnologici. I valori rispecchiano quanto stabilito dall'art. 6.1.3 della norma CEI 64-15 che prescrive, per impianti elettrici con tubazioni a vista in edifici pregevoli di rilevanza storica e/o artistica, un grado di protezione minimo IP4X.

2.5.3.3 *L'impianto di illuminazione*

L'impianto di illuminazione è diverso a seconda dell'ambiente:

- Depositi: è stato adottato un sistema di distribuzione con canale multisettoriale, riuscendo così ad inglobare gli apparecchi illuminanti, ordinari e di emergenza, insieme alle canalizzazioni per la distribuzione di energia, controlli e comandi dei circuiti di sicurezza. Negli scaffali con passerella ammezzata, è stata prevista l'illuminazione su due livelli. Nella sala deposito grande sono stati aggiunti anche dei punti luce appesi al soffitto, in vetro opalino di 45 cm di diametro.

- Uffici e sale di studio: è stato previsto un tipo di illuminazione mista: diretta/indiretta, utilizzando plafoniere fluorescenti con ottica dark o lamellare a doppia emissione di luce.

- Museo e sala congressi: in questa zona è stata mantenuta la stessa tipologia di illuminazione sostituendo solo gli apparecchi con dei nuovi, in possesso delle certificazioni necessarie. Sono state effettuate modifiche sulle teche e sugli espositori in legno in modo da renderli idonei a contenere un sistema a fibre ottiche per l'illuminazione delle pergamene e degli altri documenti in essi esposti.

2.6 IMPIANTI NELL'EDILIZIA DI CULTO

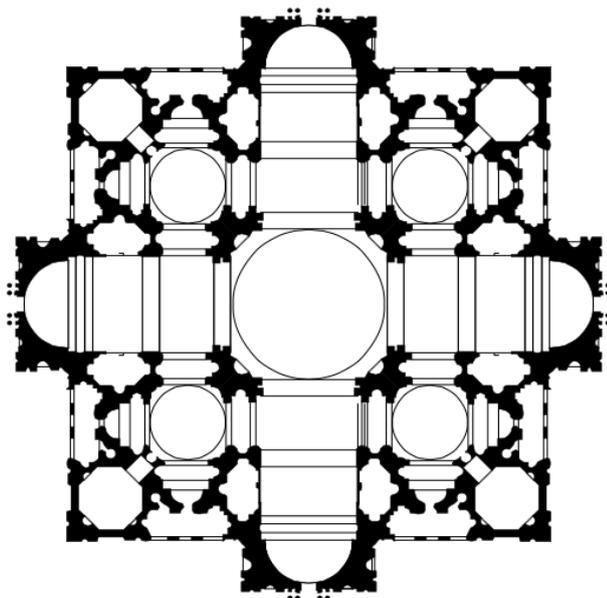
2.6.1 *La Basilica di S. Pietro in Vaticano*

Secondo la tradizione, la Basilica di San Pietro sorge sulla tomba dell'apostolo Pietro, crocifisso e giustiziato intorno al 60 d.C., sul luogo che il pontefice Anacleto volle segnare con la costruzione di un "trofeo". Fu solamente con l'impero di Costantino e il riconoscimento della religione cristiana come culto ufficiale dell'impero romano che si gettarono le fondamenta della basilica paleocristiana di San Pietro.

I lavori, avviati nel 315 d.C., giunsero a compimento circa undici anni più tardi, quando papa Silvestro II consacrò la chiesa con una cerimonia solenne. Dopo più di un millennio di storia l'edificio, nel quale erano anche ospitati alcuni affreschi di Giotto, era ormai in una condizione di pesante degrado quando Papa Nicola V ne decise un radicale restauro affidato a Leon Battista Alberti e a Bernardo Rossellino.

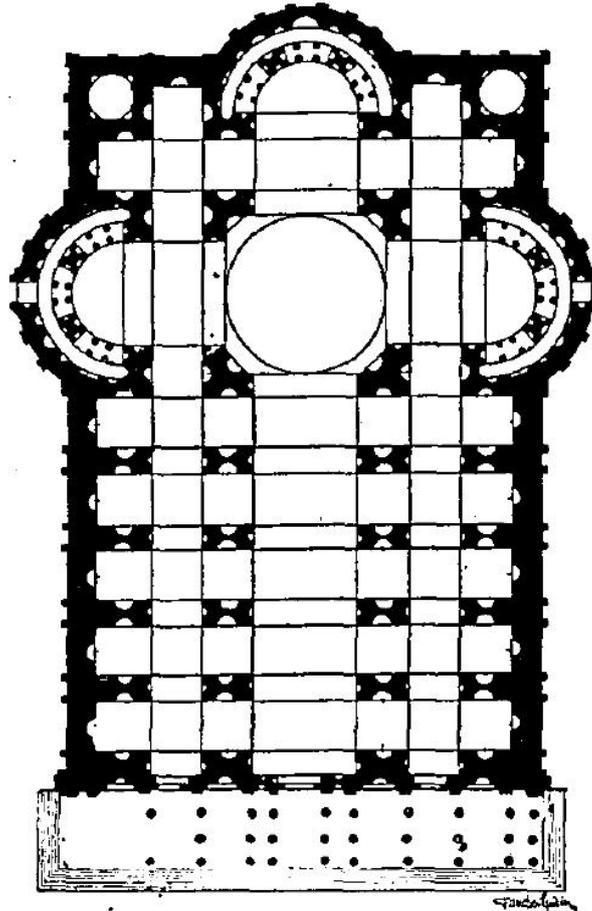
Dopo la morte del Pontefice, tuttavia, Papa Giulio II decise di interrompere i lavori varando il progetto per la costruzione di una nuova cattedrale.

Nel 1506 d.C. l'incarico venne affidato al Bramante che cominciò con l'abbattere la basilica preesistente e con il gettare le basi di quella che sarebbe stata la più grande cattedrale della Cristianità.



Progetto a croce greca di *Bramante*

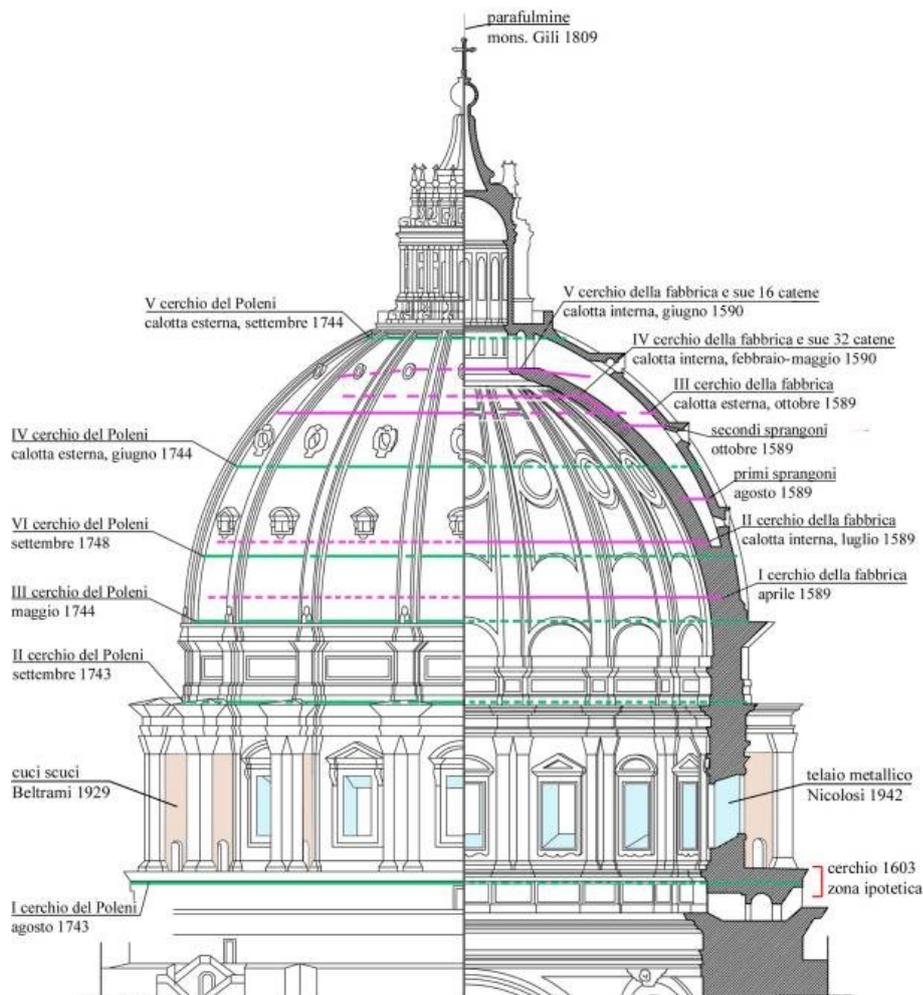
Negli oltre cento anni necessari a portare a compimento i lavori della Basilica, si alternarono alla direzione della "Fabbrica di San Pietro" i più famosi artisti dell'epoca, da Raffaello Sanzio, che intorno al 1514 d.C scelse di trasformare l'impianto dell'edificio bramantesco in una croce latina, ad Antonio da Sangallo il Giovane.



Progetto a croce latina di *Raffaello*

Con la morte di San Gallo, Michelangelo è ufficialmente nominato architetto della Fabbrica di San Pietro. La nomina risale al 1° gennaio 1546 e la carica durerà fino alla scomparsa del grande artista.

Michelangelo, sotto il pontificato di Paolo III, oltre a decidere di recuperare il progetto a croce greca originale, disegnò la cupola di cui seguì personalmente la realizzazione fino alla morte del 1564 d.C.



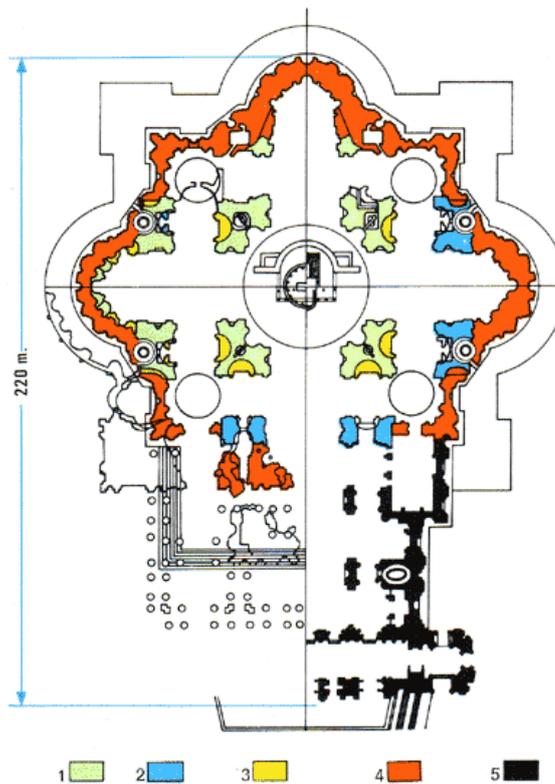
Progetto e particolari costruttivi della cupola

Nei circa trenta anni che seguirono, la "Fabbrica di San Pietro" venne affidata prima alla direzione del Vignola, e poi, a quella degli architetti Giacomo Della Porta e Domenico Fontana a cui si deve ascrivere il merito di aver portato a compimento intorno al 1588 d.C. il progetto michelangiolesco della cupola.

Dai documenti dell'Archivio della Reverenda Fabbrica di San Pietro, pare si evinca che Della Porta risolse un problema strutturale non di poco conto: capì subito che la curvatura a tutto sesto della calotta già progettata avrebbe

prodotto una spinta verso l'esterno all'altezza del tamburo, mettendo a rischio tutta la struttura. La risoluzione consistette nell'aumentare la verticalità della calotta di sette metri, alzando il sesto della curvatura di modo che il peso di tutta la struttura scaricasse le sollecitazioni verso il basso assicurando la staticità della struttura.

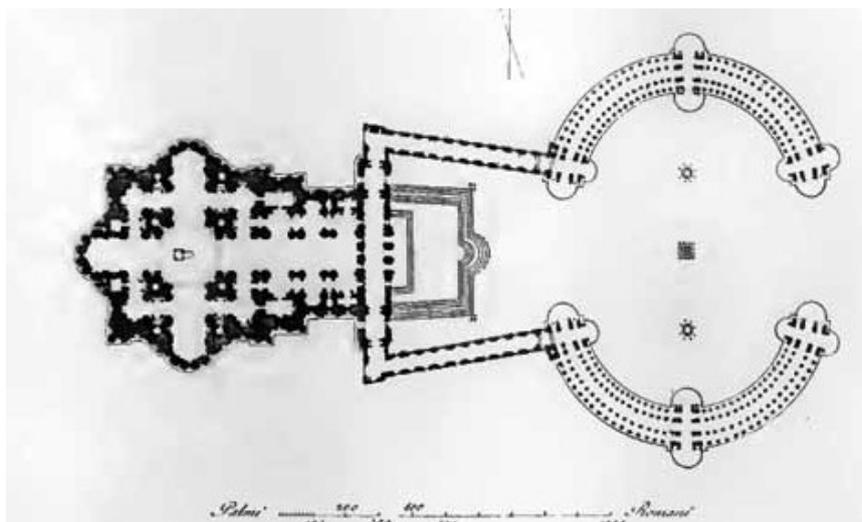
La Basilica di San Pietro raggiunse l'attuale aspetto grazie all'intervento di Carlo Maderno, che ritornò all'impianto basilicale a croce latina, e definì l'aspetto scenografico della facciata caratterizzato dalla scalinata, le colonne affioranti nelle murature, le finestre con la loggia delle benedizioni al centro ed in alto le tredici statue di Gesù, Giovanni Battista e gli apostoli.



Pianta di *S. Pietro* in Vaticano con l'indicazione delle successive fasi di costruzione:
1. Bramante, 2. Raffaello, 3. Antonio da Sangallo il Giovane, 4. Michelangelo, 5. Carlo Maderno

I lavori sulla basilica si conclusero sotto il pontificato di Urbano VIII nel 1626 d.C., ma solamente fra il 1655 d.C. ed il 1667d.C. per volere di Alessandro VII, Bernini progettò e realizzò il grande portico a colonnato di Piazza San Pietro e pose al centro l'obelisco del I secolo a.C. proveniente da Eliopoli.

“L'antica basilica aveva un quadriportico, il luogo dei catecumeni cioè dell'attesa. È, questo dello spazio esterno, il nuovo problema che si prospetta al Bernini. Prima di affrontarlo progetta i due campanili laterali alla facciata: progetto già del Maderno, che a sua volta l'aveva ripreso dal Bramante. Scopo: correggere la sproporzione della facciata troppo larga rispetto all'altezza, ridotta per lasciare in vista la cupola; inoltre, quei due montanti avrebbero inquadrato la cupola, facendola sembrare più vicina e collegandola alla facciata. Il Bernini, dunque, pensava già a riscattare la cupola michelangiotesca dalla condizione di sfondo e quasi d'orizzonte a cui la condannava il prolungamento della navata. Realizza questo proposito con il colonnato ellittico: che riprende la forma curva della cupola, la rovescia presentandola aperta come una coppa, la dilata trasformandola da rotonda in ellittica e suggerendo un'ulteriore espansione, a raggiera, con le prospettive delle quattro colonne allineate in profondità.



Il colonnato ellittico progettato da Bernini

Di tutte le invenzioni del Bernini, è la più geniale: non soltanto riscatta e mette in valore l'intero corpo della basilica, ma fa dell'antico quadriportico una grande piazza, l'anello che raccorda il monumento alla città (e, idealmente, a tutto il mondo cristiano: infatti è il luogo di raccolta e d'attesa dei pellegrini). È un'immagine allegorica (le braccia della Chiesa protese ad accogliere l'ecumene), ma è anche la prima architettura aperta, pienamente integrata allo spazio atmosferico e luminoso: la prima architettura urbanistica.

L'unità che il Bernini ha dato a San Pietro non è soltanto visiva: da nessun punto di vista si doveva vedere tutto l'edificio (la sciagurata via della Conciliazione, che riduce la basilica a fondale scenografico, è un'opera del regime fascista). Esso non si presentava come un organismo chiuso ma come una successione e variazione continua di prospettive e di aperture spaziali. Come ogni spettacolo, aveva i suoi tempi di sviluppo. È fatto per il visitatore che lo percorre, si aggira. Ogni nuova prospettiva si coordina a quelle vedute, prepara le prossime. L'ammirazione diventa un gioco di memoria e d'immaginazione: da potersi dire infine che la basilica vaticana, così come la presenta il Bernini, è più da immaginare che da vedere”²⁷.



Piazza San Pietro in Vaticano

²⁷ Carlo Giulio Argan, *Storia dell'arte italiana*, editore Sansoni, Firenze 2002

La Basilica di San Pietro, oggi in grado di accogliere 20.000 fedeli, è alta oltre 130 metri e lunga circa 190, i soffitti delle navate raggiungono quasi i 44 metri e la cupola circa i 120 metri all'interno ed i 136 sulla lanterna esterna; gli interni, caratterizzati dalle vastissime decorazioni a mosaico, sono anche lo scrigno prezioso per alcune delle più celebri opere d'arte al mondo, quali ad esempio il Baldacchino del Bernini e la statua della Pietà di Michelangelo.

2.6.1.1 *L'impianto di illuminazione*

In occasione del Giubileo del 2000 è stato ristrutturato completamente l'impianto di illuminazione della facciata e delle statue dei dodici Apostoli della Basilica di San Pietro a Roma.

Il progetto prevede una duplice impostazione illuminotecnica: quella volumetrica o per proiezione, per l'illuminamento generale dell'intero complesso architettonico, e quella puntuale, per l'illuminamento dei componenti specifici.

L'illuminazione puntuale, in maniera specifica, interessa i quattro diversi livelli della facciata: il Portico d'ingresso, la Loggia delle Benedizioni, l'ultimo ordine, dove si aprono le sale campanarie, e il piano di copertura, dove si trovano le statue e gli orologi.

Ovviamente, sono state scelte le apparecchiature, che per forma e dimensioni, sono risultate illuminotecnicamente le più idonee e meno invasive.

2.6.1.1.1 *Il tamburo*

Si è voluto restituire alla vista le linee architettoniche essenziali che lo caratterizzano, sottolineando la geometria del complesso architettonico in modo da esaltare la geometria dei volumi. Per questo sono state illuminate in modo diverso sia le colonne binate che le finestre.

Alla base di ogni gruppo di colonne binate sono stati installati tre proiettori equipaggiati con lampada da 150 W, agli ioduri metallici, con temperatura di colore di 3000 K. Essi sono stati posizionati due ai lati e uno al centro, e le illuminano in modo radente fino ad incontrare, ed evidenziare, i capitelli.

Per le finestre, invece, sono stati previsti degli apparecchi equipaggiati con lampada da 100 W SDW-T, con temperatura di colore di 2600 K, in modo da creare un contrasto cromato.

Le apparecchiature illuminanti sono state orientate in modo da proiettare dal basso verso l'alto, mettendo, così, in evidenza gli elementi architettonici di ciascuna finestra.

2.6.1.1.2 *La cupola*

La cupola è stata trattata facendo riferimento ai due diversi tipi di illuminazione, quello volumetrico e quello puntuale.

In questo modo si è ottenuto un'illuminazione che, dal basso verso l'alto, sfumi fino al punto di attacco del lanternino. Il risultato ultimo è stato un'illuminazione generale dell'intera struttura, con tono medio e con evidenziati i diversi elementi architettonici e costruttivi della stessa.



La cupola di *San Pietro in Vaticano*

Per evidenziare i costoloni sono stati previsti dei proiettori equipaggiati con parabola a fascio semiconcentrante e lampada da 250 W, agli ioduri metallici,

con temperatura di colore di 3200 K, che sono stati posizionati lungo il camminamento alla base di attacco della cupola stessa.

Con questa posizione, data la curvatura della struttura, si ha un punto di tangenza della luce a circa metà della calotta, mentre la parte restante, risulta essere solo rischiarata dal flusso luminoso circolante.

L'apporto di luce necessario per ottenere tale risultato è stato ottenuto tramite il sistema di illuminazione per proiezione, realizzato con 8 apparecchi illuminanti equipaggiati con lampade da 400 W, agli ioduri metallici, con temperatura di colore di 3200 K, che sono stati posizionati lungo il perimetro dell'impianto basilicale, all'altezza del terrazzamento.

Con la soluzione adottata si è avuta una riduzione delle potenze impiegate del 40%, oltre ad un abbattimento sostanziale dell'inquinamento luminoso grazie al posizionamento dei proiettori a ridosso delle architetture.

2.6.1.1.3 *La lanterna*

Per la lanterna è stato ripreso lo stesso sistema della cupola. Sono stati utilizzati dei proiettori equipaggiati con lampada da 70 W, agli ioduri metallici, con temperatura di colore di 3000 K e parabola simmetrica. Essi sono stati installati, esternamente, alla base delle bicolonne, in modo da illuminare, dal basso verso l'alto, le volute e le colonne binate stesse.

L'illuminazione delle finestre è stata ottenuta utilizzando proiettori equipaggiati con lampada di potenza 50 W SDW-T e con temperatura di colore di 2600 K, ottenendo così uno stacco cromatico. I proiettori sono stati fissati in modo tale da consentire una facile manutenzione e non costituire un ostacolo per il pubblico in visita.

Per la guglia di copertura è stata prevista l'illuminazione delle costole utilizzando proiettori equipaggiati con lampade ottiche a fascio stretto e lampada da 35 W, agli ioduri metallici, da staffare alla ringhiera. Questi proiettori illuminano anche la superficie inferiore della sfera terminale.

2.6.1.1.4 *La facciata*

La facciata è caratterizzata da un'illuminazione di base e una di accento, in modo da mettere in rilievo i principali elementi architettonici che la compongono.



La facciata di *San Pietro* in *Vaticano*

Per l'illuminazione volumetrica sono stati utilizzati 18 proiettori, nove da un lato e nove dall'altro, che sono stati sistemati sulle parti aggettanti esterne alla balaustra dei terrazzi che affacciano sulla piazza, ai lati del Sagrato. In ciascun lato, i proiettori, sono divisi in tre gruppi da tre, a seconda della potenza. Essi sono di potenza: 150 W, 250 W e 400 W, agli ioduri metallici con temperatura di colore di 3000-3200 K.

2.6.1.1.5 *Il portico di ingresso*

Per il portico d'ingresso è stata prevista un'illuminazione indiretta utilizzando apparecchi equipaggiati con parabola asimmetrica e lampada al sodio ad alta pressione, con potenza di 150 W e temperatura di colore di 2150 K.

Per quanto riguarda il mosaico di Giotto e la formella in bassorilievo sovrastante il portico, sono stati utilizzati, per illuminarli, dei proiettori a fascio stretto con potenza di 70 W, agli ioduri metallici.

Sempre all'interno del portico, poi, è stata prevista l'illuminazione delle statue dei Santi, collocate all'altezza del marcapiano. In questo caso sono state utilizzate apparecchiature di ridotte dimensioni, che sono state installate in modo da ottenere un flusso di luce incrociato consentendo sia l'illuminazione delle statue sia quelle delle superfici murarie della nicchia.

Anche in questo caso sono state utilizzate lampade agli ioduri metallici con temperatura di colore di 3000 K.

Inoltre, dobbiamo aggiungere che, per evidenziare gli altorilievi dei riquadri della volta, l'illuminazione della volta è stata integrata con 16 piccoli *spots* di potenza di 35 e 3000 W.

2.6.1.1.6 *La loggia delle benedizioni*

Per l'illuminazione di tutte le balaustre e le finestre al livello del loggiato delle benedizioni, è stata prevista l'installazione di apparecchi equipaggiati con lampade agli ioduri metallici, con temperatura di colore di 3000 K.

Per l'illuminazione delle balaustre sono stati utilizzati proiettori corredati di parabola riflettente a fascio largo e lampade di potenza 35 W.

Per quanto riguarda, invece, l'illuminazione delle semicolonne adiacenti alle finestre, sono stati utilizzati proiettori con parabola di corredo a fascio stretto, con lampade da 7 W.

2.6.1.1.7 *Il piano sale campanarie*

Per queste sale, che si trovano all'ultimo ordine, sono stati utilizzati apparecchi equipaggiati con parabola a fascio largo e lampada al sodio di potenza 70 W, con temperatura di colore di 2000 K.

Per le finestre, dove l'apparecchio illuminante deve essere posto sul davanzale, sono stati utilizzati degli apparecchi di tipo lineare. Essi sono costituiti da un corpo lineare in alluminio satinato e sono di dimensioni molto piccole (53 x 38 mm), equipaggiati con riflettore intensivo 19° brillantato, binario elettrificato in parallelo e lampadine allo Xenon di potenza 8,5 W. Lo stesso apparecchio è stato previsto anche per l'illuminazione della formella in bassorilievo che si trova sulla facciata.

2.6.1.1.8 *Le statue e gli orologi*

Per l'illuminazione delle statue sono stati utilizzati dei proiettori equipaggiati con parabole a fascio semiconcentrante, lampade di potenza 35 W agli ioduri metallici e con temperatura di colore di 3000 K. I proiettori sono posti sul terrazzo alle spalle della balaustra e, siccome le dodici statue degli Apostoli, sono orientate tutte verso la statua centrale del Cristo, anche gli apparecchi illuminanti sono orientati in modo da evidenziare, in maniera più

significativa, il lato rivolto verso il Cristo. Vi è, poi, un altro proiettore che viene utilizzato per correggere eventuali ombre troppo accentuate.

Per l'illuminazione degli orologi, invece, sono stati utilizzati apparecchi illuminanti a fascio stretto posti sulle parti aggettanti esterne alla balaustra dei terrazzi che affacciano sulla piazza, ai lati del Sagrato.

Entrambi gli orologi sono stati realizzati nel 1785 da Giuseppe Valadier, architetto, orafo e argentiere italiano. Guardando la Basilica, l'orologio a sinistra, detto Oltremontano, indica l'ora che tutti noi conosciamo, del cosiddetto metodo francese introdotto in Italia nel 1789 e suddiviso in 24 ore, l'orologio di destra è invece dotato di un'unica lancetta che attraversa diagonalmente l'intero quadrante che indica l'ora italiana, sistema di grandissima diffusione in Italia fino al 1797. Il sistema orario a ore italiane nella vita quotidiana dei tempi aveva il vantaggio e la comodità di far conoscere immediatamente quante ore di luce rimanevano ancora a disposizione facendo la semplice sottrazione a 24 dall'ora indicata dall'orologio.



L'orologio di *San Pietro* in *Vaticano*, progetto di *Valadier*

Lo stesso posizionamento è stato previsto per i due proiettori, sempre a fascio stretto, utilizzati per illuminare le due statue ai piedi del Sagrato.

2.6.1.1.9 *I cupolini*

Per illuminare i cupolini sono stati utilizzati proiettori equipaggiati con lampade di potenza 70 W agli ioduri metallici, temperatura di colore di 3000 K e parabola a fascio semiconcentrante. Essi sono stati posizionati dietro le colonne, che illuminano in modo diretto, mentre illuminano in modo indiretto il resto dell'ambiente.

Per la piccola cupola, l'illuminazione delle costole, è stata ottenuta utilizzando dei proiettori equipaggiati con lampade di potenza 70 W agli ioduri metallici e temperatura di colore di 3000 K. Essi sono stati posizionati sulle pareti aggettanti corrispondenti alle costole stesse.

Per quanto riguarda, infine, il lanternino, per la sua illuminazione, sono stati utilizzati proiettori equipaggiati con lampada di potenza 35 W, agli ioduri metallici, temperatura di colore di 3000 K e parabola a fascio stretto. Essi sono stati posizionati, due per ogni finestra, in modo da illuminare dal basso verso l'alto le imposte delle stesse.

L'impianto di illuminazione esterno della Basilica è gestito da un raffinato sistema di telecomando. L'architettura di questo sistema si basa su un centro e vari computer periferici installati sui quadri elettrici di distribuzione delle linee luci.

In caso di mancanza di collegamento con il centro o di guasto di esso, i quadri elettrici funzionano in modo autonomo.

Per permettere queste funzionalità, gli interruttori dei quadri luce, sette in tutto, sono equipaggiati con contattori motorizzati comandati da microcomputer installati negli stessi armadi, e possono lavorare in modo autonomo o sotto il controllo del centro. La comunicazione tra i vari quadri elettrici e tra essi e il centro, è assicurata tramite cavo multi coppia o tramite radio LPD.

I microcomputer che equipaggiano i quadri, gestiscono la logica interna che esegue le funzioni richieste dal quadro. Il sistema è in grado di svolgere i seguenti compiti: gestione orologio accensione/spegnimento luci, acquisizione dati, invio di comandi sugli interruttori delle linee, visualizzazione stato degli interruttori, gestione allarme ed anomalie, calcolo delle ore di accensione e del

consumo sulla base della potenza impegnata, diagnostica del collegamento e stato delle unità periferiche.

Il sistema funziona in maniera completamente automatica, in base agli orari di accensione/spengimento e dei valori di luminosità imposti. È possibile, comunque, agire anche in modo manuale sulle linee luci e sugli interruttori generali di entrambi i quadri, oppure modificare giorno per giorno gli orari a seconda delle necessità.

È, inoltre, possibile implementare una logica di accensione automatica che preveda l'accensione parziale delle linee. L'accensione delle linee viene eseguita in accordo con le caratteristiche delle lampade impiegate, per tenere conto del tempo di andata a regime delle stesse. Di questo tempo si tiene conto, sia per l'accensione ad orario, sia per i valori di luminosità esterna.

2.6.1.1.10 *Il portico*

Le luci del colonnato di piazza San Pietro progettato dal Bernini, sono state restaurate in occasione del Giubileo del 2000. Sono lampadine ai vapori di sodio ad alta pressione, sorrette da pesanti catene di ghisa alla copertura, con corona ornamentale decorativa.



Le luci del colonnato di piazza *San Pietro* in Vaticano

Le lampade ai vapori di sodio ad alta pressione costituiscono l'evoluzione della tecnologia ai vapori di sodio a bassa pressione. Rispetto a queste ultime, le stesse consentono una migliore distinzione dei colori, mantenendo alti livelli di efficienza luminosa.

Rappresentano oggi la tecnologia più diffusa e consolidata per l'illuminazione stradale, ma possono trovare impiego anche in edifici industriali, parcheggi, piazze, giardini, ecc. Il bulbo esterno ha una forma tubolare o ellissoidale e la luce emessa ha un colore bianco caldo tendente al giallo (2.000-2.500 K).



Il colonnato di piazza *San Pietro* in Vaticano

Il loro utilizzo è ideale in tutti quei contesti in cui serve illuminare risparmiando energia, ma in cui la qualità della resa cromatica non è l'obiettivo primario. Nel campo dell'illuminazione stradale, la sostituzione delle vecchie lampade ai vapori di mercurio con moderne lampade a vapori di sodio ad alta pressione, consente di ottenere risparmi anche del 40-50%.

Di seguito, le caratteristiche tecniche:

- Efficienza luminosa: 70-150 lumen/watt
- Indice di resa cromatica: 20-80
- Vita media: 12.000-20.000 ore
- Temperatura di colore: 2.000-2.500 K
- Alimentazione: da 50 a 1.000 W

3 L'impiantistica al servizio del superamento delle barriere architettoniche

3.1 IL SISTEMA IMPIANTISTICO PER LO SPAZIO ARCHITETTONICO

3.1.1 *Conservazione del bene culturale ed accessibilità dello spazio architettonico*

Solo con l'approvazione della legge 13/89, la disciplina del restauro ha iniziato ad interrogarsi sull'accessibilità e fruizione degli spazi architettonici, dapprima edifici privati, poi, con la 104 del 1992 ed il D.P.R. 503 del 1996, viene esteso il raggio di azione anche agli edifici di pubblica utilità. In Italia, quindi, viene introdotta, per la prima volta, una normativa a carattere prestazionale, che stabilisce cosa si vuole dell'opera e non come la si realizzi, ovvero si evidenziano gli obiettivi di qualità da raggiungere.

Il legislatore viene in soccorso di un principio fondamentale del restauro: non si può conservare un bene culturale senza usarlo, ovvero, come migliore garanzia per la conservazione del patrimonio non possono valere esclusivamente istanze di "pura contemplazione"²⁸.

²⁸ A. Bellini, La pura contemplazione non appartiene all'architettura, in "TeMa", n. 1, 1998, p. 3; cfr. anche R. Picone, Conservazione e accessibilità. Il superamento delle barriere architettoniche negli edifici e nei siti storici, Arte tipografica, Napoli 2004.

Oggi, il tema del superamento delle barriere architettoniche, supera il semplice accoglimento di un'istanza normativa per ritenersi logico nesso tra la richiesta di conservazione del bene e quella di uso dello stesso.

Risulta necessario leggere il cambio di stile legislativo in relazione ad un mutamento sociale: nel nostro Paese, come del resto in tutta Europa, la condizione di disabilità è passata da uno status "straordinario" ad uno "ordinario", non solo dal punto di vista quantitativo, aumentando esponenzialmente i casi, ma qualitativo interessandosi di situazioni clinico – salutari di transizione che vive la persona, come lo stato di gravidanza.

Fruire dello spazio architettonico, significa considerare le istanze dell'accessibilità esigenze del progetto prima che del prodotto, soprattutto quando si tratta di un bene culturale. Non si può pensare che un'opera destinata alla pubblica fruizione in quanto tale, differenzi gli utenti in relazione alla competenze psicomotorie che gli stessi possiedono. Per tale motivo, la fabbrica, intesa come edificio intero, deve aprirsi al pubblico tutto, non appantanandosi in una condizione statica di strategia conservativa.

Le tematiche inerenti la fruizione degli spazi devono essere poste ed approfondite durante tutto l'iter progettuale, dall'idea alla realizzazione dell'intervento. Come stabilito dai principi teorici della disciplina, le radici dell'intervento di restauro devono ricercarsi in un preventivo "riconoscimento" dei valori che caratterizzano il bene culturale. Nella sua celebre Teoria del restauro, infatti, Cesare Brandi definisce il citato riconoscimento come esperienza propria dell'individuo, precisando tuttavia che, nel momento stesso della percezione individuale, tale riconoscimento "appartiene alla coscienza universale, e l'individuo che gode di quella rivelazione immediata si pone immediatamente l'imperativo categorico, come l'imperativo morale, della conservazione"²⁹.

E' proprio nella fase di rilievo e progettazione preliminare che si deve approfondire la compatibilità dell'intervento, valutare i possibili limiti di un'ipotesi rispetto ad un'altra, pesare gli effetti sull'opera, sulla configurazione strutturale della stessa in nome di un principio teso a

²⁹ C. Brandi, Teoria del restauro, Edizioni di storia e letteratura, Roma 1963; Einaudi, Torino 1977

salvaguardare nella sua maggiore integrità possibile, la testimonianza di civiltà da trasmettere alle generazioni future.

Occorre in proposito ricordare che in alcuni casi l'accessibilità totale di un edificio o di un sito può realmente rappresentare una condizione di pericolo per la sua conservazione. Un esempio tipico è costituito dai siti di interesse culturale o paesaggistico in cui la necessità di ridurre al minimo l'impatto antropico porta a limitare il numero dei visitatori, come il Cenacolo di Leonardo³⁰.

³⁰ A. Pane, *L'accessibilità nel progetto di restauro*, in R. Picone, *Conservazione e accessibilità*



L'Ultima cena, Leonardo da Vinci, *Santa Maria delle Grazie*, Milano
Dall'ultimo restauro, per garantire la conservazione dell'affresco a temperatura ambiente, l'accesso ai visitatori è stato limitato ad un gruppo di massimo 25 persone ogni 15 minuti.

Analoghi casi si potrebbero riscontrare nei confronti di particolari tipologie di beni culturali, come la Torre di Pisa, o più in generale le strutture a cupola, in cui gli interventi di adeguamento sarebbero di tale impatto da entrare in contrasto con le più elementari istanze di tutela.

In tutti i casi, la verifica della compatibilità della destinazione d'uso e le istanze dell'accessibilità costituiscono un passo fondamentale. La scelta della funzione dell'opera con la relativa progettazione degli spazi, possono ridurre l'impatto degli interventi di adeguamento che, comunque, debbono rispettare le origini del bene di modo da non stravolgerne i connotati.

Se è vero, infatti, che “un bene non è tale se non è fruibile” e che “la pura contemplazione non appartiene all'architettura”³¹, il superamento delle barriere architettoniche non costituisce altro che uno degli aspetti sostanziali della conservazione, da valutare all'interno del più ampio problema dell'uso compatibile di un edificio o di un sito di interesse storico e culturale.

3.1.2 *I principi basilari della diversa abilità*

Il concetto di disabilità è molto ampio, comprende, non solo persone con difficoltà motorie sia in maniera permanente sia temporanea, ma chiunque abbia difficoltà cognitive o psicologiche e sensoriali.

Di recente, con la “Classificazione Internazionale del Funzionamento, della Disabilità e della Salute”³² (ICF), elaborata nel 2001 dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, il concetto di disabilità muta il suo raggio di azione, ci si sofferma, per la prima volta, sul contesto, su tutti quei fattori ambientali che influenzano la partecipazione sociale della persona.

Tale concetto è stato ribadito anche nella “Convenzione dei Diritti delle persone con disabilità” delle Nazioni Unite³³, in cui la disabilità viene definita

³¹ A. Bellini, *La pura contemplazione non appartiene all'architettura*, in “TeMa”, n. 1, 1998

³² Lo scopo generale dell'ICF è quello di fornire un linguaggio standard e unificato che serva da modello di riferimento per la descrizione delle componenti della salute e delle situazioni ad essa correlate. L'Italia è tra i paesi che hanno attivamente partecipato alla sua validazione.

³³ Adottata dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite il 13 dicembre 2006; è stata firmata per l'Italia dal Ministro della Solidarietà Sociale il 30 marzo 2007.

come “il risultato dell’interazione tra persone con menomazioni e barriere comportamentali ed ambientali, che impediscono la loro piena ed effettiva partecipazione alla società sulla base di uguaglianza con gli altri”. Non è quindi sufficiente soltanto garantire diritti alle persone, ma è anche necessario assicurare che le persone possano fattibilmente accedere e fruire di ciò che è garantito da tali diritti.

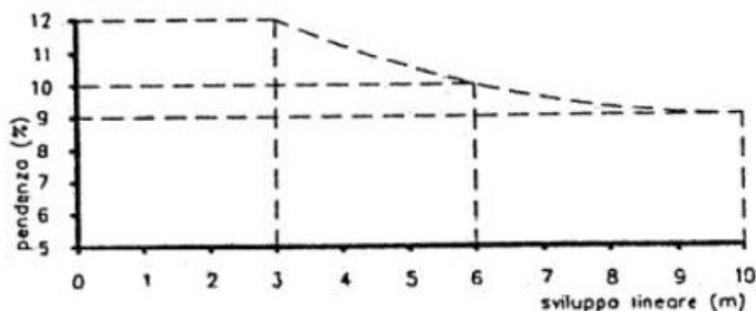
Anche il concetto di “barriera architettonica” con l’evoluzione normativa, ha mutato fisionomia distaccandosi dal senso semplicistico della legge 13/89 di ostacolo fisico.

Oggi giorno, il termine possiede diverse sfumature di significato:

- gli ostacoli fisici che sono fonte di disagio per la mobilità di chiunque ed in particolare di coloro che, per qualsiasi causa, hanno una capacità motoria ridotta o impedita in forma permanente o temporanea;
- gli ostacoli che limitano o impediscono a chiunque la comoda e sicura utilizzazione di parti, attrezzature o componenti;
- la mancanza di accorgimenti e segnalazioni che permettono l’orientamento e la riconoscibilità dei luoghi e delle fonti di pericolo per chiunque e in particolare per i non vedenti, per gli ipovedenti e per i sordi³⁴.

La barriera, quindi, non è solo un ostacolo fisico, ma tutto ciò che limita la sicurezza della persona, aumentandone il disagio e il pericolo. In tal senso, in ambito impiantistico, è necessario rendere confortevoli e sicuri al pubblico gli spazi, progettando la tecnologia degli oggetti, le superfici antisdrucciolevoli, l’idonea pendenza delle rampe, comodi pianerrotoli di riposo e, ovviamente, tutti quei dispositivi di segnaletica che favoriscono l’orientamento dell’utente nello spazio percepito.

³⁴ Art. 1 del D.P.R. 503/96 e art. 2 punto A del D.M. 236/89.



La pendenza delle rampe è del 5%, ma comunque non superiore all'8%.

Sono ammesse pendenze superiori, nei casi di adeguamento, rapportate allo sviluppo lineare effettivo della rampa. In tal caso, il rapporto tra la pendenza e la lunghezza deve essere comunque, di valore inferiore rispetto a quelli individuati dalla linea di interpolazione del grafico.

Progettare i luoghi con gli accorgimenti che ne favoriscono la comodità, permette a chiunque di fruirne, e non solo a persone con disabilità, in maniera semplice e sicura. In tal senso è importante focalizzarsi sulla destinazione d'uso degli spazi studiandone le attrezzature, interrogare gli utenti, comprenderne le esigenze, i bisogni per meglio “cucire addosso” il costruito.

Nell'edilizia di culto è bene ascoltare il parroco, gli officianti, i chierichetti, soggetti che potrebbero avere difficoltà nel vivere spazi come la sagrestia, l'area del presbiterio, i confessionali, oltre ai locali tecnici.

Altro concetto è, invece, la differenza tra i diversi livelli qualitativi di fruibilità degli spazi: nelle disposizioni normative attualmente in vigore, sono stati introdotti al riguardo i termini di accessibilità, visitabilità e adattabilità:

- “accessibilità”: possibilità, anche per le persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di raggiungere l'edificio e le sue singole unità immobiliari e ambientali, di entrarvi agevolmente e di fruirne spazi e attrezzature in condizioni di adeguata sicurezza e autonomia³⁵;
- “visitabilità”: possibilità, anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale, di accedere agli spazi di relazione e ad almeno un servizio igienico di ogni unità immobiliare. Sono spazi di relazione gli spazi di soggiorno o pranzo dell'alloggio e

³⁵ Art. 2 punto G del D.M. 236/89.

quelli dei luoghi di lavoro, servizio ed incontro, nei quali il cittadino entra in rapporto con la funzione ivi svolta³⁶;

- “adattabilità”: possibilità di modificare nel tempo lo spazio costruito a costi limitati, allo scopo di renderlo completamente ed agevolmente fruibile anche da parte di persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale³⁷.

Per ciascuno dei tre gradi di fruibilità le normative fissano i criteri di progettazione e le caratteristiche prestazionali che le varie unità ambientali (porte, servizi igienici, ascensori, spazi esterni, ecc.) devono soddisfare.

Ambienti considerati accessibili, però, possono di fatto risultare non fruibili: un ascensore, seppur correttamente dimensionato e installato, rende l'ambiente non fruibile se non è utilizzabile per un guasto tecnico, oppure una rampa con pendenza adeguata non è fruibile se presenta parti sconnesse per la mancanza di interventi di manutenzione.

In aggiunta, vi è il concetto di “accessibilità condizionata” che, secondo la definizione normativa, indica la presenza negli edifici pubblici di “un sistema di chiamata per attivare un servizio di assistenza tale da consentire alle persone con ridotta o impedita capacità motoria o sensoriale la fruizione dei servizi espletati”³⁸.

Con il titolo II del D.P.R. 503/96, la barriera architettonica travalica il confine dell'involucro edilizio per entrare in una dimensione territorialmente più ampia. I citati concetti possono essere accompagnati dall'aggettivo “urbana”, quando definiscono la fruibilità di spazi e attrezzature di quartiere

³⁶ Art. 2 punto H del D.M. 236/89.

³⁷ Art. 2 punto I del D.M. 236/89.

³⁸ Art. 1 comma 5 e art. 2 comma 3 del D.P.R. 503/96. Si veda anche l'art. 5 comma 7 del D.M. 236/89: “Visitabilità condizionata. Negli edifici, unità immobiliari o ambientali aperti al pubblico esistenti, che non vengano sottoposti a ristrutturazione e che non siano in tutto o in parte rispondenti ai criteri per l'accessibilità contenuti nel presente decreto, ma nei quali esista la possibilità di fruizione mediante personale di aiuto anche per le persone a ridotta o impedita capacità motoria, deve essere posto in prossimità dell'ingresso un apposito pulsante di chiamata al quale deve essere affiancato il simbolo internazionale di accessibilità cui all'art. 2 del Decreto del Presidente della Repubblica 384/78”.

della città, garantendo all'utente, sempre, principi come sicurezza ed autonomia.



Servoscala su uno dei tanti ponti di *Venezia*

3.1.3 Riferimenti normativi specifici per i luoghi d'interesse culturale

Spesso si ritiene che le norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche non si applicano agli immobili "vincolati", in quanto gli interventi prescritti potrebbero essere lesivi per le caratteristiche storico-artistiche del bene tutelato (inserimento di rampe, ascensori, ecc.). Di fatto la norma, pur prevedendo la possibilità che gli organi competenti del Ministero per i Beni e le Attività Culturali possano negare l'autorizzazione all'esecuzione degli interventi se costituiscono un "serio pregiudizio" per il bene tutelato, insiste, tuttavia, affinché si provveda alla soluzione del problema almeno con opere provvisorie (intese nel senso della reversibilità, in modo da garantire la tutela del bene, ma eseguite con buon materiale e a

regola d'arte) o, in caso contrario, obbliga a fornire espressa motivazione della mancata realizzazione delle opere.

I riferimenti normativi al riguardo sono:

- Legge 9 gennaio 1989, n. 13 art. 4 e art. 5 e Cir. Min. LL. PP. 22 giugno 1989, n. 1669, par.3.8: se l'immobile è dichiarato di interesse culturale, l'autorizzazione all'esecuzione dei lavori può essere negata solo ove non sia possibile realizzare le opere senza serio pregiudizio del bene tutelato. Il diniego deve essere motivato con la specificazione della natura e della serietà del pregiudizio, della sua rilevanza in rapporto al complesso in cui l'opera si colloca e con riferimento a tutte le alternative eventualmente prospettate dall'interessato. La mancata pronuncia nei tempi fissati dalla normativa corrisponde ad assenso.
- Legge 5 febbraio 1992, n. 104 art. 24: per gli edifici pubblici e privati aperti al pubblico dichiarati di interesse culturale, qualora le autorizzazioni previste agli art. 4 e 5 della legge 13/89 non possano venire concesse per il mancato rilascio del nulla osta da parte delle autorità competenti alla tutela del vincolo, la conformità alle norme vigenti in materia di accessibilità e di superamento delle barriere architettoniche può essere realizzata con opere provvisorie, come definite dall'art. 7 del D.P.R. 164/5621, nei limiti della compatibilità suggerita dai vincoli stessi.
- Decreto del Presidente della Repubblica 24 luglio 1996, n. 503 art. 19: negli edifici esistenti sono ammesse deroghe in caso di dimostrata impossibilità tecnica connessa agli elementi strutturali e impiantistici. Per gli edifici dichiarati di interesse culturale, la deroga è consentita nel caso in cui le opere di adeguamento costituiscono pregiudizio per i valori storici ed estetici del bene tutelato: in tal caso, il soddisfacimento del requisito di accessibilità è realizzato attraverso opere provvisorie, ovvero, in subordine, con attrezzature d'ausilio e apparecchiature mobili non stabilmente ancorate alle strutture edilizie. La mancata applicazione delle presenti norme deve essere motivata con la specificazione della natura e della serietà del pregiudizio.

- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 art. 82: per gli edifici pubblici e privati aperti al pubblico soggetti alle norme di tutela, nonché ai vincoli previsti da leggi speciali aventi le medesime finalità, qualora le autorizzazioni di legge, non possano venire concesse, per il mancato rilascio del nulla osta da parte delle autorità competenti alla tutela del vincolo, la conformità alle norme vigenti in materia di accessibilità e di superamento delle barriere architettoniche può essere realizzata con opere provvisoriale, come definite dall'art. 7 del D.P.R. 164/56³⁹, sulle quali sia stata acquisita l'approvazione delle predette autorità.

Anche il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.lgs. 22 gennaio 2004 n.42 e successive modifiche ed integrazioni), pur non richiamando esplicitamente le barriere architettoniche, pone in vari articoli l'accento sulla fruizione pubblica, e di conseguenza sull'accessibilità, quale scopo primario della tutela e valorizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico. In particolare:

- art. 1: “... Lo Stato, le regioni, le città metropolitane, le province e i comuni assicurano e sostengono la conservazione del patrimonio culturale e ne favoriscono la pubblica fruizione e la valorizzazione. Gli altri soggetti pubblici, nello svolgimento della loro attività, assicurano la conservazione e la pubblica fruizione del loro patrimonio culturale”;
- art. 6: “La valorizzazione consiste nell'esercizio delle funzioni e nella disciplina delle attività dirette a promuovere la conoscenza del patrimonio culturale e ad assicurare le migliori condizioni di utilizzazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso....”;
- art. 101: “Gli istituti ed i luoghi della cultura che appartengono a soggetti pubblici sono destinati alla pubblica fruizione ed espletano un servizio pubblico....”.

³⁹ D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164 “Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni”, art. 7 (stralcio): “Le opere provvisoriale devono essere allestite con buon materiale ed a regola d'arte, proporzionate ed idonee allo scopo; esse devono essere conservate in efficienza per la intera durata del lavoro”.

In particolare, il legislatore afferma che il museo “deve risultare accessibile e fruibile in ogni sua parte pubblica alla totalità dei visitatori”, specificando che anche i visitatori con svantaggi di vario genere, devono essere messi in grado di fruire pienamente della visita e dei servizi, con attenzione alle disabilità sensoriali nella progettazione dell’allestimento, specificando anche il riferimento alla leggibilità delle didascalie.



Sistema di salita ibrido scala/rampa, *Cile*

3.2 LA DIFFERENZA DI QUOTA COME BARRIERA ARCHITETTONICA

3.2.1 *Il superamento del salto di quota*

Il tema del superamento delle barriere architettoniche, nei luoghi di interesse culturale, diventa cruciale nel progetto di restauro dell'antica fabbrica, esso riguarda, soprattutto, la garanzia di accessibilità degli spazi, in termini di praticabilità, e si riferisce, prevalentemente, ai collegamenti verticali.

Gli ostacoli alla fruizione di spazi di valenza culturale e architettonica, possono essere fisici, come dislivelli e differenze di quota, oppure, essere fonti di pericolo per l'utente, come l'assenza di corrimani e pianerottoli di riposo su scale esistenti. Questi elementi non fanno da cornice all'involucro edilizio, ma sono materia tecnologica, non sono degli accessori, ma, molto spesso, disegnano le forme architettoniche dell'opera, per tale motivo sono oggetto di tutela.

Considerando le diverse soluzioni possibili, anche alla luce delle più recenti proposte provenienti dallo specifico settore degli apparecchi elevatori, è possibile individuare essenzialmente quattro diversi sistemi di superamento di dislivelli:

- la rampa;
- l'ascensore;



Esempi di rampe e ascensore per diversamente abili

- la piattaforma elevatrice;
- il servoscala.



Esempi di piattaforma elevatrice e servoscala per diversamente abili

Si tratta di alternative che, tuttavia, risultano raramente confrontabili; tutti i dispositivi citati presentano infatti inconvenienti e limitazioni che ne riducono l'impiego soltanto ad alcuni casi specifici.

3.2.2 L'ascensore nei luoghi di interesse culturale

L'ascensore è un dispositivo che permette il collegamento verticale di livelli con differenze di quota, costituisce il sistema migliore per un uso realmente autonomo da parte della persona con disabilità.

Facendo parte del vasto sistema impiantistico, l'ascensore è sempre stato oggetto di tutti quegli espedienti atti a nascondere, mimetizzarlo nella configurazione strutturale e muraria della fabbrica, solo raramente, riesce ad instaurarsi come armonico connubio tra “antico” e “nuovo”, senza dover essere relegato all'esterno dell'involucro come mero elemento di facciata.

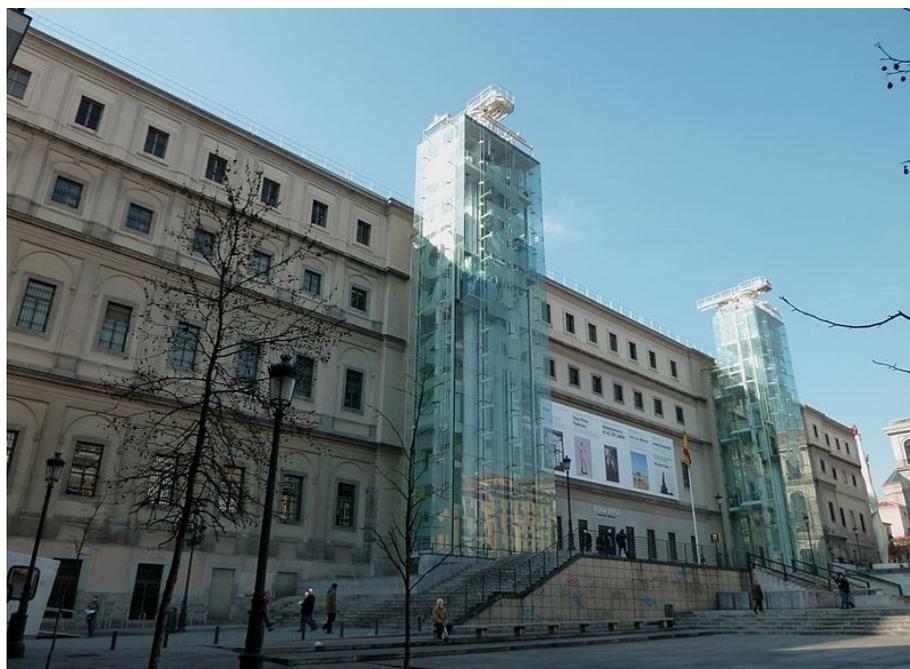
Anche se non si tratta di restauro e adeguamento funzionale impiantistico, l'esempio del Centro culturale *George Pompidou* di Parigi, progettato da Renzo Piano, è il manifesto di una visione ampia del progetto, di una strategia che non soffoca gli impianti, ma che li fa diventare architettura. I livelli diventano liberi, senza masse murarie visto che la struttura è di acciaio, affrancati dal sostenere il peso di tubazioni per l'aerazione, i "serpenti" trasparenti delle scale mobili, i cilindri degli ascensori, riescono a essere spazi espositivi che ospitano mostre e workshop.



Il centro *Georges Pompidou*, Parigi

In anni più recenti, invece, si è andato diffondendo soprattutto al di fuori dell'Italia, il ricorso ad ascensori posti all'esterno delle fabbriche, fondati sul tema dell'aggiunta e del rapporto antico/nuovo. Ne è un esempio il caso del Centro culturale *Reina Sofia* di Madrid, dove in occasione degli interventi di restauro effettuati nei primi anni Novanta, il tema dei collegamenti verticali è stato affrontato realizzando due grandi torri-ascensore in cristallo, poste su una delle facciate dell'edificio. Trasformando l'impianto di elevazione in un

vero e proprio oggetto architettonico, il progetto ha conseguito un impatto visivo diverso, il prospetto disegnato dal progettista muta in nome della funzionalità.



Il museo *Reina Sofia*, Madrid

Ciò conferma, come già accennato, che il tema del superamento dei dislivelli costituisce spesso un nodo cruciale dell'intero progetto di restauro, coinvolgendo scelte di carattere metodologico ed operativo da affrontare nella loro complessità. Tornando al problema della localizzazione, va comunque evidenziato come la gamma degli ascensori in commercio si sia notevolmente ampliata negli ultimi anni, comprendendo, oltre ai tradizionali sistemi a fune e a pistone, anche più innovativi impianti privi di locale macchine e con ridotta profondità della fossa e del vano extracorsa. Si tratta di soluzioni che riducono ulteriormente l'impatto della componente impiantistica dell'ascensore, superando anche alcune limitazioni dei sistemi idraulici, come la presenza di

una forte spinta indotta dal pistone sul terreno⁴⁰. Restano tuttavia le difficoltà di inserire un impianto in contesti fortemente stratificati, come quelli degli edifici compresi nei centri storici, dove la possibilità di collocare il vano corsa in esterno è limitata ai cortili o agli eventuali vuoti presenti all'interno del corpo scala, con rischi di notevoli alterazioni dei valori spaziali delle fabbriche.

Un cenno va infine rivolto agli aspetti dimensionali, che costituiscono senza dubbio un limite significativo all'impiego degli ascensori, soprattutto in riferimento alla necessità di prevedere una fossa ed un consistente vano extracorsa. Per le dimensioni del vano corsa e della cabina la normativa prevede una deroga in caso di edifici preesistenti, consentendo, in caso di impossibilità di installare impianti di dimensioni superiori, una misura minima della cabina pari a 1,20 m di profondità e 0,80 di larghezza, con porta installata sul lato corto⁴¹. Va comunque sottolineato che si tratta di una soluzione estrema, che rende piuttosto difficoltoso l'ingresso e l'uscita della persona disabile su sedia a ruote dalla cabina. Ove possibile, vanno preferite soluzioni che prevedano una parete trasparente del vano corsa, o almeno una parte di essa, al fine di diminuire la sensazione di claustrofobia. Per quanto riguarda lo spazio di sbarco ad ogni piano, infine, per il quale il D.M. 236/89 indica un'area minima di 140x140 cm, in caso di adeguamento di edifici esistenti, si rammenta comunque la possibilità di ricorrere a soluzioni alternative, fondate sul rispetto degli spazi di manovra della persona su sedia a ruote definiti dalla stessa normativa al punto 8.0.2. Diversamente dalla rampa, l'ascensore richiede idonei accorgimenti per la riconoscibilità da parte delle persone con disabilità visive, ed ulteriori dispositivi per consentirne l'uso sicuro da parte di persone con disabilità uditive. L'individuazione degli ascensori può essere favorita semplicemente con un trattamento diverso della pavimentazione nello spazio antistante il vano corsa, con materiali riconoscibili sia dal punto di vista tattilo-plantare (corsie di tappeto, stuoini incassati, materiali gommosi, materiali trattati con diverse texture o bocciardatura, purché non in contrasto con le esigenze dei disabili su sedia a

⁴⁰ A. Arengi, Gli apparecchi elevatori. Criteri di scelta, nuove proposte e stato della normativa, in "Tema", n. 1, 1998.

⁴¹ Art. 8 del D.M. 236/89.

ruote), sia dal punto di vista percettivo (accostamento di materiali ad elevato contrasto di luminanza).

Anche l'utilizzo di una sapiente illuminazione o di particolari materiali o colori di rivestimento del manufatto, può agevolare le persone ipovedenti ad individuare l'impianto di elevazione. All'interno e all'esterno del vano ascensore le pulsantiere di chiamata e movimentazione devono essere rintracciabili con il tatto, presentare scritte in braille con numeri dei piani a rilievo e scritti con un carattere chiaro e leggibile al tatto. In ogni caso, i numeri dei piani dovranno essere molto contrastati rispetto allo sfondo del tasto, anche mediante retro-illuminazione dello stesso. Le pulsantiere devono, inoltre, essere poste ad un'altezza adeguata alle esigenze delle persone su sedia a ruote, possibilmente in orizzontale per consentire l'agevole raggiungimento di tutti i pulsanti, ma tale da consentirne la leggibilità da parte delle persone anziane e di chiunque.

Anche l'illuminazione interna della cabina dovrà agevolare l'uso della pulsantiera e la fruizione di tutte le informazioni di servizio presenti da parte di chi ha ridotta capacità visiva. Sono inoltre necessari gli annunci vocali di arrivo al piano. Per le persone con disabilità uditive, infine, è opportuna l'installazione di una telecamera a circuito chiuso o di un impianto di videocitofono, in luogo del semplice citofono previsto dalla normativa, con segnalazione di chiamata ricevuta tramite display; dovrebbero, inoltre, essere presenti segnali luminosi relativi a tutte le informazioni di funzionamento.

3.2.3 *Il Santuario di S. Maria dell'Aiuto in Napoli*

E' la prima chiesa del centro storico di Napoli a dotarsi di un ascensore per i disabili. La seicentesca chiesa di Santa Maria dell'Aiuto, gioiello del barocco partenopeo, ha realizzato un elevatore per l'eliminazione delle barriere architettoniche. L'opera, eseguita a completamento dei lavori di restauro effettuati recentemente, è stata realizzata in accordo con la Soprintendenza ai Beni ambientali ed architettonici di Napoli e provincia. L'ascensore, posta a lato della chiesa, non deturpa, infatti, l'antica facciata, ma permette di accedere agevolmente all'interno anche ai fedeli disabili e di superare una barriera alta 138 centimetri.

La chiesa di Santa Maria dell' Aiuto, voluta dalla devozione popolare come segno di grazia ricevuta per la fine della pestilenza del 1656, nata dalla mente del grande artista Dionisio Lazzari, sorge nel centro antico di Napoli, a metà della strada (chiamata prima 'd' Albino' e successivamente 'dei Coltrari di seta') che va dal complesso monastico di Santa Maria la Nova a quello basilicale di San Giovanni Maggiore, in quel dedalo di viuzze formatosi nel periodo medioevale nei pressi delle chiese di Santa Chiara e del Gesù Nuovo.

La facciata, che si affaccia su Vico di Santa Maria dell' Aiuto con una cancellata in ferro battuto, è caratterizzata dal suo slancio verticale, accentuato dal timpano curvilineo e dalle quattro lesene disposte a coppie ai suoi angoli. Al centro, sotto il finestrone rettangolare, il portale con i bordi in marmo.



La facciata della Chiesa di *Santa Maria dell' Aiuto*

L'interno è a croce greca, all'intersezione dei quattro bracci, vi è un ottagono, coperto da cupola con cassettoni cruciformi e lanterna recante la Colomba dello Spirito Santo in stucco sulla volta. Sulle due pareti

dell'ottagono ai lati dell'abside, vi sono due organi a canne secenteschi, le cui casse furono eseguite su disegno dello stesso Dionisio Lazzari⁴².



La cupola cassettonata, intersezione dei bracci della croce greca

Molte ed apprezzabili sono le testimonianze di arte sacra che si possono ammirare nel piccolo tempio: si segnalano, in particolare, l'altare maggiore e la balaustra, opere di Dionisio Lazzari, nonché il monumento sepolcrale a Gennaro Acampora e i due angeli reggicandelabro, realizzati dallo scultore Francesco Pagano rispettivamente nel 1738 e nel 1741. La struttura dell'altare si erge su quattro gradini. Il dossale è finemente lavorato in commesso di marmo policromo con motivi vegetali stilizzati, nero su fondo giallo. L'ancona, che alloggia il dipinto della Vergine dell'Aiuto, risale probabilmente alla fine del XVII secolo e conserva la struttura tipica di analoghe

⁴² Vincenzo Regina, *Le chiese di Napoli. Viaggio indimenticabile attraverso la storia artistica, architettonica, letteraria, civile e spirituale della Napoli sacra*, Newton e Compton editore, Napoli 2004.

realizzazioni dell'epoca. In alto, la trabeazione è ornata da cherubini ed un festone floreale, mentre il timpano spezzato culmina con una edicola marmorea in cui spicca la colomba simbolo dello Spirito Santo. L'area presbiteriale è delimitata da una balaustra il cui disegno è attribuibile a Dionisio Lazzari.



L'interno con l'altare maggiore

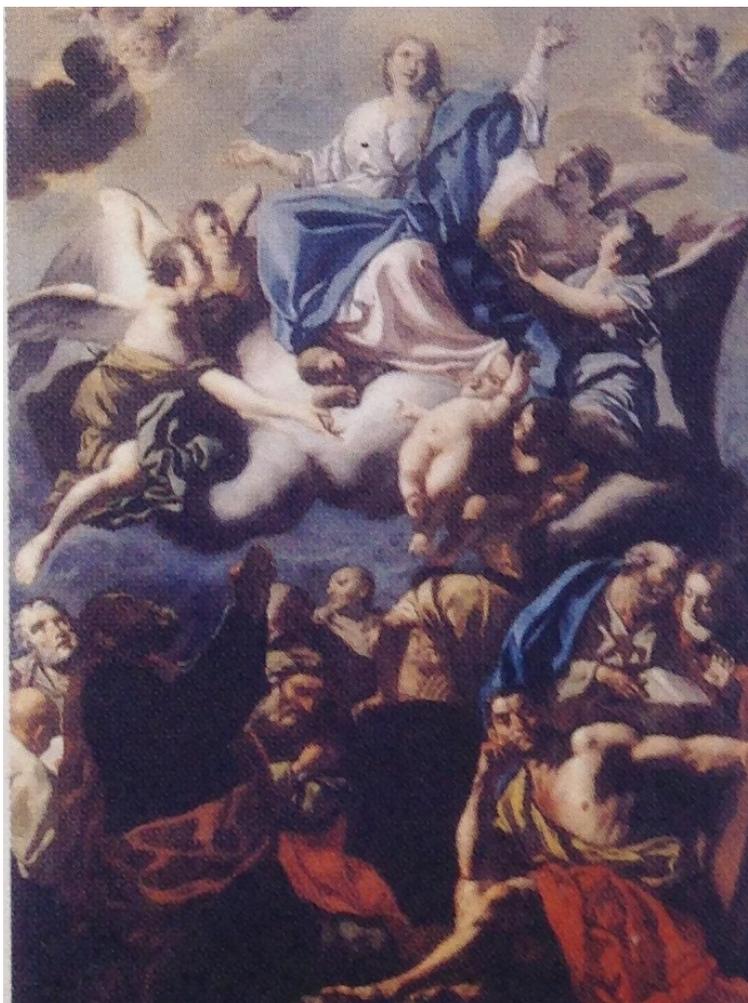
Una nota speciale merita il cenotafio che raffigura il rettore della Chiesa Gennaro Acampora in atteggiamento sciolto e vibrante, attraverso cui l'autore riesce a dare una immagine assai viva della società borghese del tempo.



Il cenotafio per Gennaro Acampora, Francesco Pagano

Accanto alle pregevoli opere di scultura, arricchisce la chiesa una interessante decorazione pittorica che trova il suo culmine nel famoso cielo di

Gaspare Traversi dedicato alla Vergine: l'Assunzione, l'Annunciazione e la Natività di Maria. Nella "Assunzione di Maria", all'interno del sovrapporta, l'autore rappresenta la Vergine, che assisa su nuvole e vestita di abiti chiari, assurge al cielo, circondata da uno stuolo di angeli e cherubini; in basso alcuni personaggi assistono al miracolo, commentandolo fra loro. Queste tele costituiscono la prima impresa artistica del pittore napoletano.



L'Assunzione di Maria, Gaspare Traversi

Si possono inoltre ammirare opere di Giacinto Diano (l'Arcangelo S. Michele), di Giuseppe Farina (la Vergine dell' Aiuto con supplicanti) e di altri pittori napoletani, non chiaramente identificabili (il transito di San Giuseppe e alcuni episodi evangelici della sua vita).

La chiesa trae le sue origini da una modesta edicola, eretta da due anonimi giovani nel 1635. Da quella prima semplice manifestazione di culto, la devozione popolare alla Vergine dell' Aiuto si diffuse in tutta la città e perdura ormai da oltre tre secoli.

Le grazie, I prodigi, I miracoli concessi per l'intercessione della Madonna, sono innumerevoli ed alcuni di essi, a partire dall'anno 1736, sono stati scrupolosamente registrati in un volume in pergamena conservato nell'archivio parrocchiale. Altre grazie sono, invece, documentate da numerose lastre votive in marmo, attraverso le quali, dal 1880 i fedeli manifestano la propria riconoscenza alla Madonna per l'aiuto ricevuto. Tali lapidi, che ancora oggi vengono murate nel vano retrostante il presbiterio, rappresentano un autentico documento del sentimento religioso e della fede popolare espresso lungo il corso dei molti decenni.

La devozione a S. Maria dell' Aiuto ebbe un grandissimo riconoscimento il 24 maggio 1889, quando, su decreto del papa Leone XIII, il cardinale Guglielmo Sanfelice, allora arcivescovo di Napoli, incoronava la venerata immagine; i festeggiamenti per l'incoronazione furono solennissimi e si prolungarono per nove giorni.

Dopo cento anni, il 24 maggio del 1989 la comunità parrocchiale, guidata dal parroco Gennaro Acampa, volle commemorare il fausto evento dell'Incoronazione con molte iniziative di carattere religioso, culturale e sociale, che si protrassero per l'intero anno pastorale; in quella circostanza fu pubblicato un volumetto sulla storia e l'arte de "La chiesa di Santa Maria dell' Aiuto in Napoli", curato dall'architetto Carlo Lapegna.

Oggi il culto verso la Vergine dell' Aiuto, iniziato secoli fa in modo spontaneo dai due giovani, è profondamente radicato nel cuore di tanti napoletani; essi accorrono nel piccolo Santuario il 24 di ogni mese per affidarsi a Maria, chiedere il suo aiuto ed impegnarsi nell'imitazione delle sue virtù.

Il 23 novembre 2004 con il beneplacito del cardinale Michele Giordano, arcivescovo di Napoli, e per l'interessamento del suo vescovo ausiliare, mons.

Vincenzo Pelvi, la chiesa di S. Maria dell'Aiuto è stata aggregata alla patriarcale basilica di S. Maria Maggiore, il più insigne tempio mariano della chiesa cattolica. In seguito a questo spirituale vincolo di affiliazione, il papa Giovanni Paolo II, attraverso l'ufficio della Penitenzieria Apostolica, ha concesso il dono dell'indulgenza plenaria ai fedeli che visitano in determinati giorni la Chiesa ed osservano le necessarie condizioni spirituali.

3.2.3.1 *Note storico-archivistiche del Santuario*⁴³

Si riporta di seguito, la relazione della Santa Visita del Cardinale Guglielmo Sanfelice, da cui si evince l'architettura del Santuario, le sue opere, la storia.

Il titolo della Chiesa è di Santa Maria dell'Aiuto de' contrari di Seta di Napoli.

La chiesa fu fondata nel 1658, come rilevasi dagli atti di fondazione, esistenti nella Curia Arcivescovile di Napoli, come pure rilevasi dalla Platea, che si conserva nell'archivio dell'Amministrazione.

La Chiesa fu consacrata a 15 Novembre 1742 dall'Illustrissimo Reverendo Don Nicola Spinola Arcivescovo, come rilevasi dalla lapide situata a sinistra dell'ingresso della Chiesa. E' tradizione che la Chiesa abbia indulgenze la prima e la terza domenica di mese, ma manca il Breve.

Esistono nella Chiesa, da tempo immemorabile, due coretti che corrispondono a due stanze del Palazzo contiguo ed attaccato alla Chiesa, cioè l'uno al 2° piano nobile di proprietà della Chiesa medesima, e l'altro al terzo piano, che si appartiene agli eredi della Duchessa di Civita S. Angelo, dalla quale si è avuto il detto secondo piano nobile in legato, Se ne ignora la confessione di detti coretti, e quando e da chi vennero aperti. Sopra la Chiesa non vi ha alcuna abitazione. La Chiesa non ha bisogno di alcuna riparazione. Occorendovene, si provvede con le sue rendite.

La Chiesa comprende 5 altari, tutti di marmo cioè l'altare Maggiore dedicato alla Vergine Santissima, con la pietra Sacra; due altarini uno con pietra Sacra, l'altro consagrato, il primo a destra dedicato al Santo Dottore della Chiesa Alfonso de' Liguori, col quadro della Sua immagine e l'altro dedicato al Patriarca San Domenico, col corrispondente quadro del medesimo, il

⁴³ Santa Visita del Cardinal *Guglielmo Sanfelice* vol. VII fogli 326 -338, archivio della Chiesa

quadro consagrato dedicato alla Vergine Santissima liberatrice della morte improvvisa, e trovasi concesso al Monte della Morte improvvisa, con istrumento del 6 ottobre 1780 per notar Nunziante Amoroso di Napoli, ed il quinto consagrato, dedicato al glorioso patriarca San Giuseppe, trovasi concesso alla famiglia Pellegrino, con istrumento del 18 gennaio 1811 per Notar Luigi Palombo di Napoli.

L'Altare Maggiore è tradizione che sia privilegiato in perpetuo, ma manca il Breve.

I pesi di Messe si rilevano dal Bilancio, che regola l'amministrazione della Chiesa, del quale si unisce copia. Ed inoltre evvi un anno legato in rendita iscritta, intestato al Rettore pro-tempore di l. 91,14 netto per testamento del fu reverendo Don Vincenzo Migliaccio, con l'obbligo di un annuo funerale, e la celebrazione di di 25 messe, alla ragione di l. 1,27. Altro anno legato della Santa Donna Carlotta Fortini di annue l.:1.70 che il Rettore ricava dagli eredi di essa. Fortini per la celebrazione di n° 100 messe a l. 1,27 e per i lumi ad olio innanzi al sacramento nel corso dell'anno.

Altro di l. 42,50 annue per la celebrazione di una messa solenne di requie, e per libbre 8 di cera da darsi dal Rettore all'infermiera di Santa Maria la Nuova, che si esige dagli eredi di Don Luigi di Francesco. E più dagli eredi di Don Federico Ricciardi riceve il rettore medesimo l.13 in ogni bimestre per una lampada innanzi all'immagine della Vergine, quando la Chiesa è chiusa.

Nel secondo compreso della sacrestia vi è un altare con pietra sacra, con l'antico quadro a velo prodigioso della Sacra Immagine, che si venera nella Chiesa.

Finalmente il ciborio dell'Altare Maggiore è di marmo, nell'interno con placche di rame dorate a fuoco con simile porta, e stemma di argento a getto. Nel quarto e quinto altare il ciborio è simile a quello dell'Altare Maggiore.

Vi è un organo in ottimo stato, ed altro finto, anche in ottimo stato. Il pulpito è a mano, e trasportabile, ove occorre. Si predica in tutte le domeniche dell'anno, al dopo pranzo, ed in tutti i mercoledì dell'anno la sera.

Più si predica nella Novena e nella festa titolare; nella novena del Santo Natale; nei 5 giorni delle Quarantore e nel primo giorno dell'anno. Nel giovedì Santo a sera si fa la predica di passione; il Venerdì Santo alle ore 18 le tre ore di Agonia, ed in tutti i sabati dell'anno. Il tutto a cura, nomina e spesa del Rettore, che ne riceve dagli amministratori un tanto determinato,

che rilevasi dal Bilancio. Il Monte della Morte improvvisa, esistente nella Chiesa, e che forma amministrazione a se, per eseguire a sue spese, e nomina un sermoncino sulla buona morte in ogni primo lunedì di mese, e gli esercizi spirituali nella Quaresima.

Vi sono nella Chiesa tre sepolture e servivano una pè Governatori, Rettore ed altre persone destinate sotto l'altare Maggiore, la seconda per i fedeli e divoti della Chiesa, in mezzo alla medesima; e la terza per la famiglia Pellegrino accosto l'altare San Giuseppe, di diritto patronato della medesima.

Vi sono 5 confessionali chiusi a chiave, ed uno così detto fella, visibili da ogni parte della Chiesa, con lamine minutamente perforate, ed in tutti l'immagine del Crocifisso.

Nella Chiesa vi è il Monte della Morte improvviso, che fanno l'amministrazione a parte, ed il Governo viene eletto da Deputati montisti; è composto da ogni ceto di persone, ed i Governatori si riuniscono di quando in quando, e non a giorno fisso per le loro sessioni in una stanza a sinistra della porta della Chiesa; né recano alcun disturbo. Le prestazioni che somministrano risultano dal Bilancio, che si unisce.

L'inventario esatto di tutte le sacre suppellettili, argenti ed altro, si dà un foglio separato. Lo stesso per le reliquie dei Santi.

Le rendite della Chiesa, ed in quale uso si spendono, risultano dal detto Bilancio, che si unisce, e sono amministrate dal Governo della Chiesa.

Le elemosine che si raccolgono nella Chiesa si spendono dal padre rettore pè bisogni straordinari della medesima. Le notizie che si desiderano emergono dal cennato Bilancio. I nomi e cognomi dè Cappellani e Sacerdoti a soddisfare gli obblighi di Cappellanie ed altro si danno in seguito.

Oltre al Monte della Morte improvvisa indipendente dal Governo della Chiesa, non vi sono altri Monti, o simili istituzioni.

La Chiesa è aperta dalle 7 antimeridiane sin dopo il Mezzogiorno; più nei giorni festivi dalle ore 21 alle ore 24; né mercoledì e nelle novene dalle ore 24, e non oltre dalle ore 2 di notte. Non vi ha alcun luogo di spettacoli limitrofi alla Chiesa. I novenari che si fanno sono: uno precedente la festa titolare, un altro precedente la festa del Santo Natale.

La esposizione del Santissimo si fa in tutte le domeniche dell'anno con la Pisside, nei mercoledì e sabato dell'anno, nei primi lunedì di ogni mese, nella festa titolare, in quella del Patrocinio di Maria Santissima, in quella di San

Giuseppe, nei novenari, e nel primo dell'anno con la sfera con lumi a cera in numero maggiore di quelli prescritti nella rubrica.

Nel primo dell'anno si fa la processione del Santissimo con i debiti permessi, intervenendovi la Congregazione di S. Orsola e Caterina de Rossi.

Oltre gli Amministratori ed impiegati laici, che rilevasi dal Bilancio, fa parte del Governo l'Amministratore Ecclesiastico (senza emolumenti) il molto Reverendo Sig. Don Giovanni Buonfine, il quale prende parte in tutte le sessioni del Governo.

Il clero al servizio della Chiesa è così formato:

Rettore Reverendo Don Raffaele Ricci, con lo stipendio che si rileva dal Bilancio. Esso si provvede a sue spese e responsabilità, di un sacrestano, ed ora lo è il Cappellano Don Gaetano d'Angelo.

Tutto è a seconda de' canoni, rubrica e notificazioni. I cappellani sono nominati dal Rettore, ed approvati dai rispettivi Governi della Chiesa e dal Monte della Morte improvvisa.

N.B. Il Governo della Chiesa, dopo l'ultima Restaurazione avvenuta dal 1° Settembre 1874 a 24 marzo 1876, i di cui documenti si conservano nell'Archivio del nostro Arcivescovo, fascicolo 62 n°82, ha dato le seguenti disposizioni in data del 31 gennaio di questo corrente anno:

- è proibito espressamente al Rettore pro tempore di dare in prestito qualunque oggetto, o arredo sacro della nostra Chiesa. In qualche caso eccezionale ne riceverà il permesso dal Governatore del carico,

- e' proibito al medesimo Rettore di fare innovazioni nella Chiesa, e in qualunque oggetto della medesima, come pure di acquistarne di nuovi di qualunque genere, senza l'intelligenza del Governatore del carico, e senza la Direzione del nostro Architetto;

- avvenuta la innovazione, lo acquisto, come sopra, il Rettore ne darà partecipazione al Segretario legale dell'Amministrazione, per modificare o pigliarne nota nell'inventario della Chiesa.

Napoli 7 marzo 1881

Il Rettore

Raffaele Riccio

I Governatori

Conte Federico Berni Canani

Gennaro Rubinacci

Sacerdote Giovanni Buonfine Governatore Ecclesiastico

3.2.3.2 *Il progetto dell'elevatore nel Santuario di Santa Maria dell' Aiuto*

Il progetto commissionato dal Parroco della chiesa Don Gennaro Acampa all'Arch. Maurizio Cecchi, prevede il superamento delle barriere architettoniche in base alla legge 13/1989, e quindi l'ingresso e la fruizione degli spazi liturgici anche alle persone con difficoltà motorie.

Trattasi di lavori di sistemazione di un piccolo impianto ascensore per il superamento delle barriere architettoniche ai sensi e per gli effetti della legge 13/1989. L'installazione è avvenuta con l'inserimento di un impianto elevatore delle dimensioni di ml. 1,10 x 1,50 in acciaio e vetro che consente il superamento di un dislivello di circa ml. 1,38.



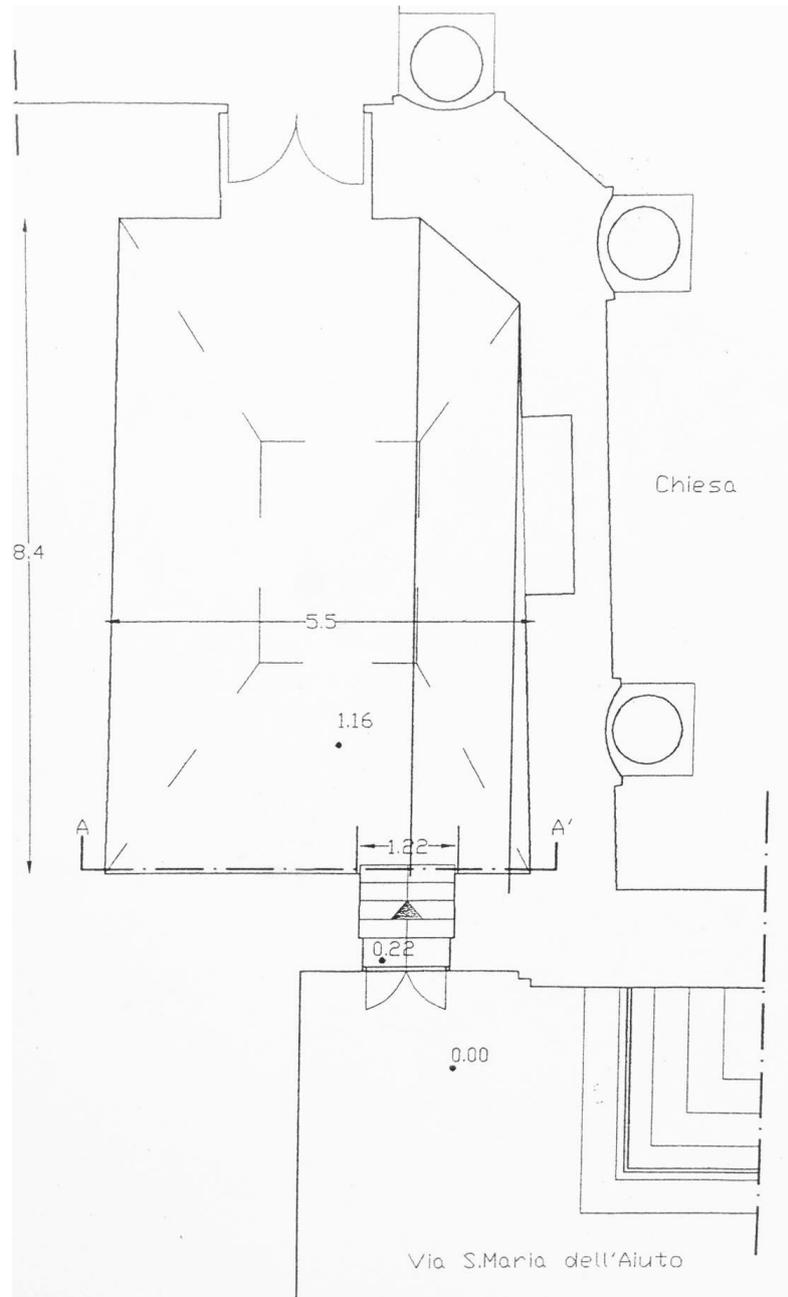
La piattaforma elevatrice con guide laterali per il superamento di un dislivello < 2m

Il professionista citato ha previsto l'installazione di una piattaforma elevatrice in una sala secondaria della chiesa, non nella navata principale, cambiando la configurazione spaziale della sola rampa di scale che fungeva da impedimento.

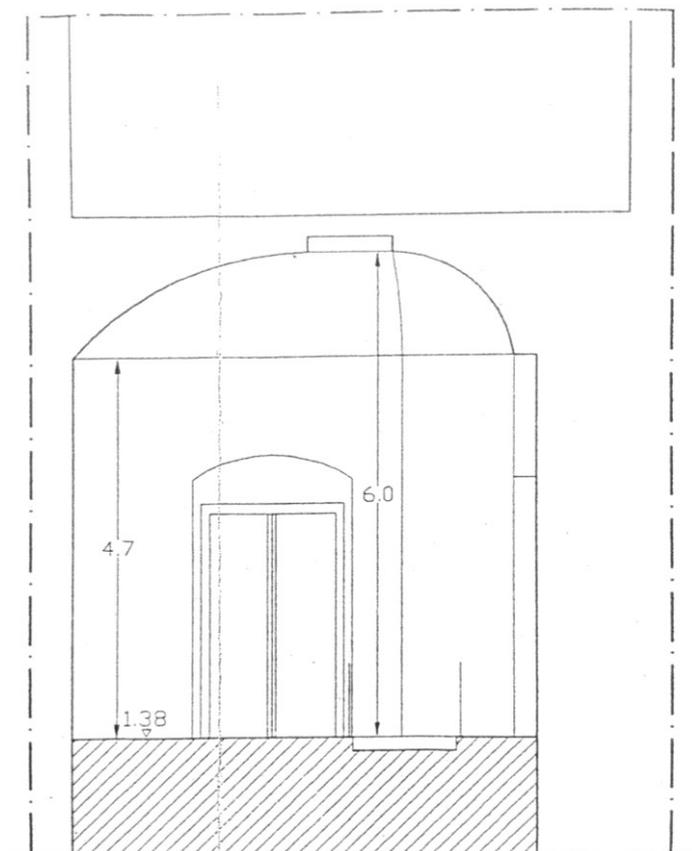


La piattaforma elevatrice con sole porte di piano e l'ingresso indicato

Come si evince dalla relazione tecnica dell'arch. Maurizio Cecchi, il pavimento della chiesa è posto alla quota di + 1,30 ml. sul livello stradale, assunto come quota 0,00 ml., per superare tale dislivello, vi erano n.7 scalini dall'ingresso principale e n.6 scalini della scala secondaria, posta a sinistra dell'ingresso principale.



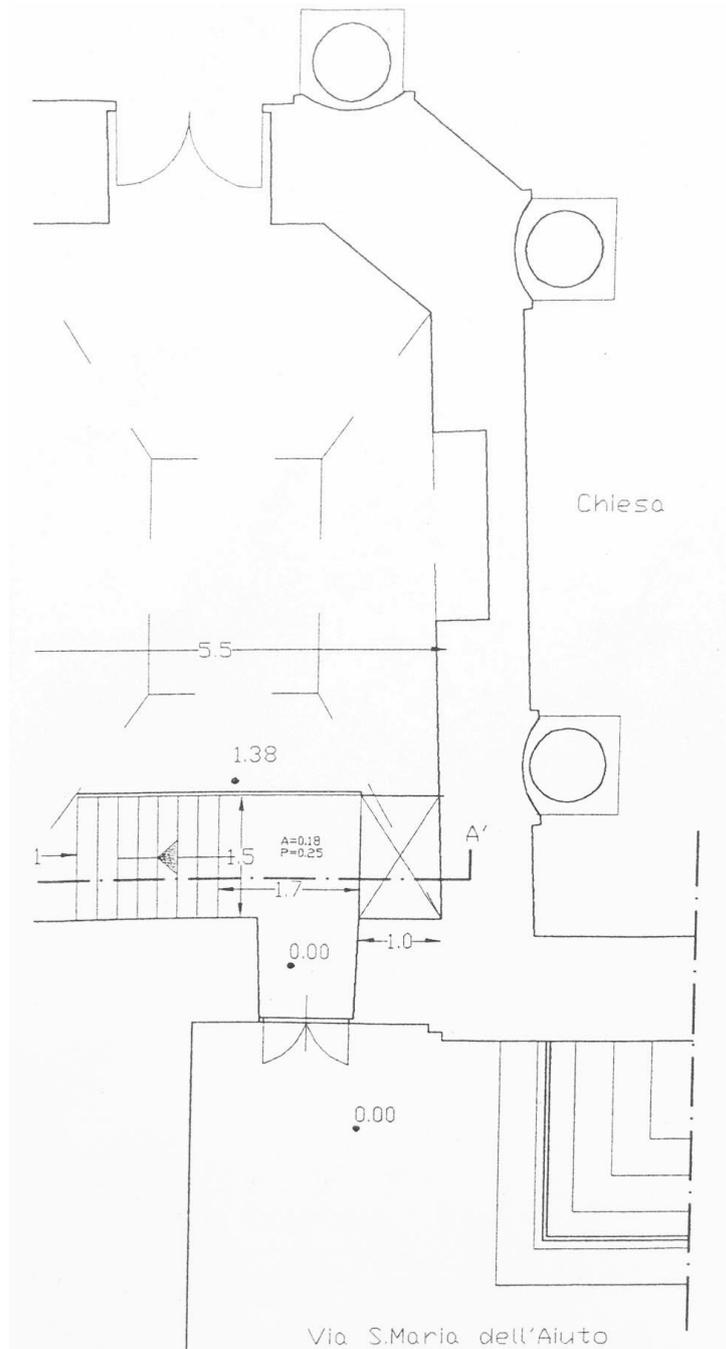
Planimetria prima dell'intervento impiantistico, documentazione tecnica Chiesa



Sezione A-A', prima dell'intervento impiantistico, documentazione tecnica Chiesa

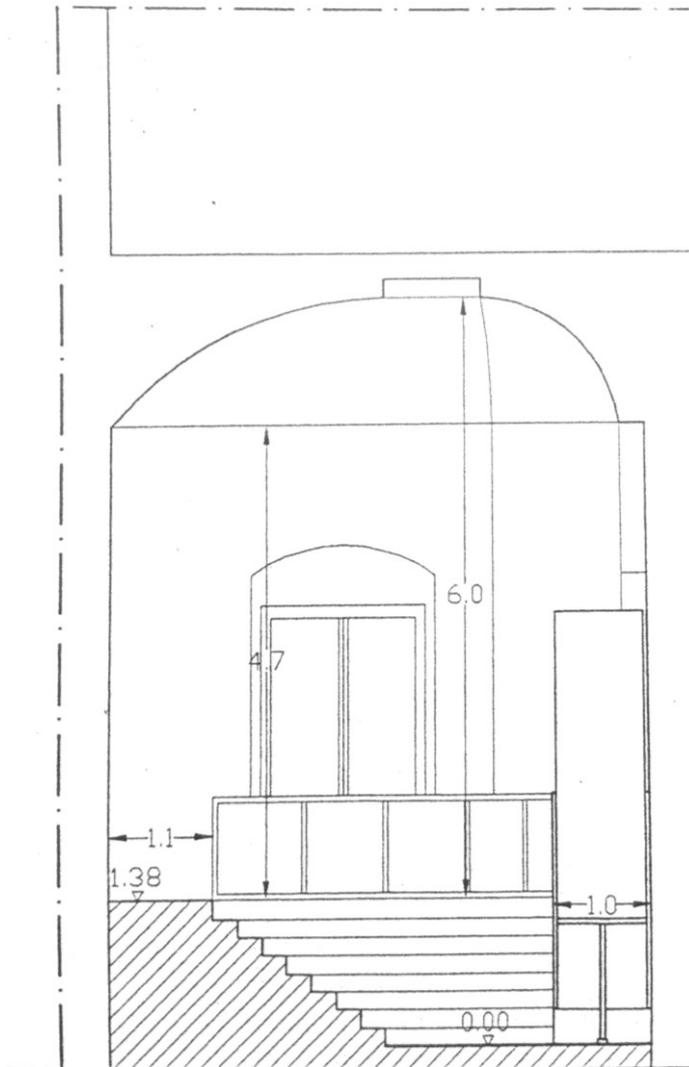
L'intervento ha riguardato la modifica della quota della porta secondaria con la eliminazione dello scalino esistente, portandolo a quota stradale, e successivamente il cambio di posizione della scala esistente di 6 scalini, spostando la stessa dalla sua sede sul lato sinistro, ovvero parallelamente al piano di facciata.

La porta dell'ingresso laterale è stata sostituita da un'altra dalle dimensioni uguali, se non diversa nell'altezza, con lo stesso materiale ferro, tinteggiata dello stesso colore grigio.



Planimetria post intervento impiantistico, documentazione tecnica Chiesa

Sul lato destro, entrando, è ubicata la piattaforma elevatrice idraulica di tipo “domusplat” con struttura portante in profili minimi di acciaio e vetro che risolve il problema del superamento dei gradini; i comandi sono a "uomo presente", vale a dire che bisogna mantenere pigiati i pulsanti di chiamata durante tutta la corsa della piattaforma.



Sezione A-A', post intervento impiantistico, documentazione tecnica Chiesa

Le dimensioni della piattaforma sono di ml. 1,25 x 0,80, opportunamente posizionata di modo da non creare intralcio, e da non cambiare la configurazione spaziale della sala. La piattaforma è senza vano, salvo una minima protezione, in maniera da risultare il meno possibile invasiva in tutta la sala secondaria.



La piattaforma elevatrice funzionante ad una velocità $< 0,15$ m/s e l'interno della cabina

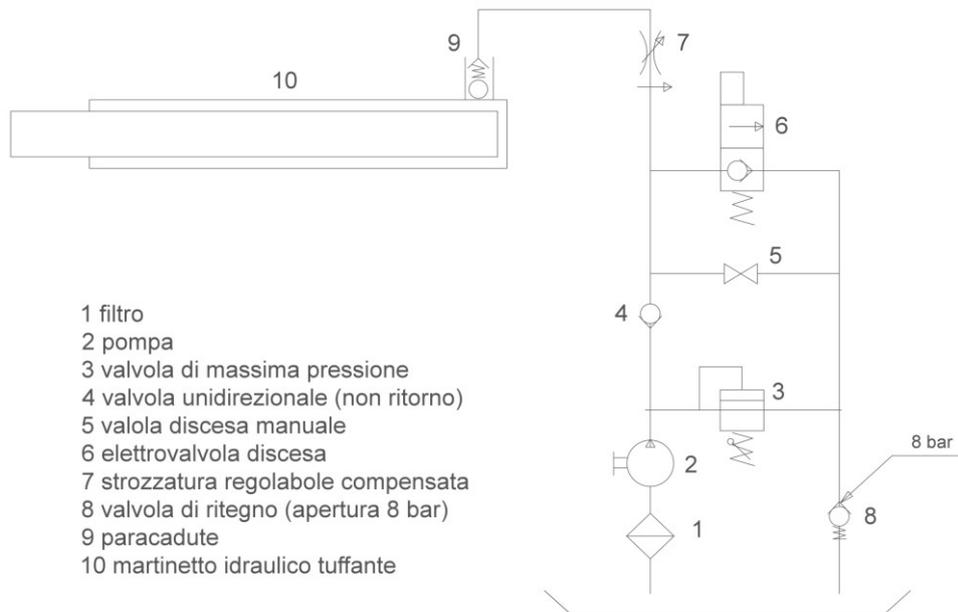
L'impianto elettrico è stato realizzato secondo le norme della Legge 46/1990 e sue successive integrazioni a norme della legge 46/1990.

Trattasi di lavori in edifici di modesta entità senza aver utilizzato conglomerato cementizio armato, pertanto non è stato necessario effettuare il prelievo di campioni per le successive analisi.

3.2.3.3 *L'impianto elevatore*

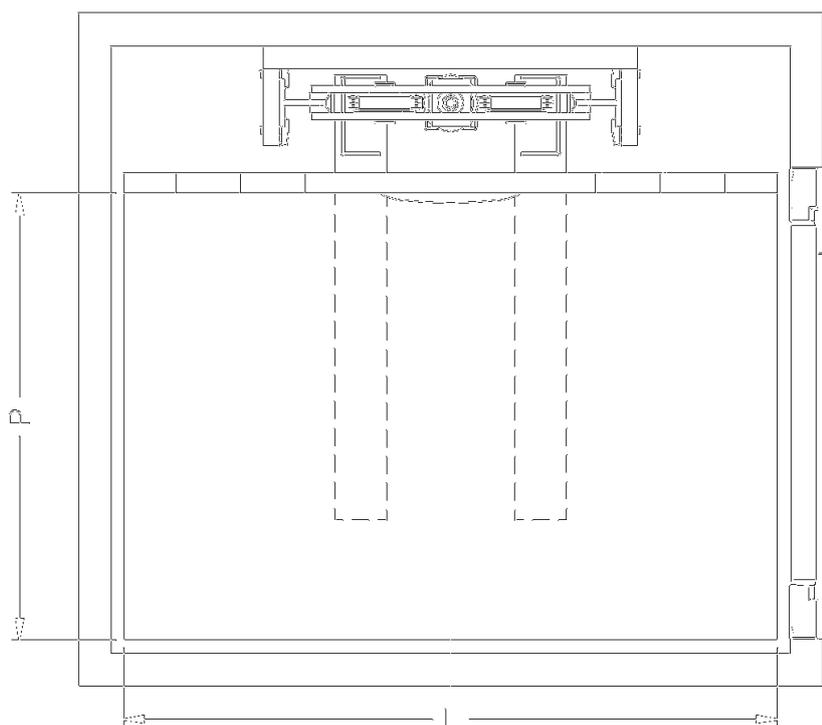
La piattaforma elevatrice è del tipo oleodinamico, il cui movimento è prodotto da una centralina idraulica che fornisce l'energia ad un fluido, olio idraulico di gradazione ISO 32, alimentata elettricamente, grazie al quale viene azionato un pistone che fuoriesce da un cilindro. L'annesso motore

elettrico funziona durante la fase ascendente della cabina che in discesa si muove regolando la propria velocità mediante apposita “valvola limitatrice”, disposta tra il corpo della centralina oleodinamica e il tubo flessibile che la collega al martinetto di sollevamento. La velocità di discesa va regolata di modo da ottenere un ragionevole compromesso tra l’assetto a vuoto e quello a carico e, comunque, non superiore ai 15 cm/s. La centralina oleodinamica e il quadro elettrico sono accessibili solo alle persone autorizzate, alloggiati in un vano apposito adiacente il vano di corsa.



Impianto oleodinamico, da manuale delle istruzioni della piattaforma mod. HC Hidrostar

La piattaforma è in acciaio, di dimensioni ml. 1,25 x 0,80, per una portata massima di kg. 320, funzionante per una corsa di mm. 1380 caratterizzata da 2 fermate.



Pianta piattaforma elevatrice: P = m.0,8 – L = m.1,25

Il macchinario non è chiuso in un vano, ma è protetto da lastre di vetro ancorate su profili di sezione minima in acciaio, che permettono sicurezza all'utente in considerazione del fatto che la cabina, priva di porte, dista non più di 20 mm dalle pareti circostanti, interspazio reso sicuro e confortevole da apposite soglie in acciaio resistenti ai carichi. Per tale motivo, la costruzione risulta essere quanto meno invasiva per il contesto, e la scelta tecnologica di materiali "leggeri", come acciaio e vetro, rendono la struttura in contrasto con la configurazione muraria della chiesa. Inoltre, la prevalente trasparenza dell'impianto, fanno sì che ci sia comfort visivo e criteri di sicurezza grazie all'illuminazione naturale o a quella della sala.

Le guide in acciaio della piattaforma sono posizionate in corrispondenza della parete perimetrale dove è alloggiato l'ingresso alla sala. Sono collegate tra loro da robuste traverse munite di fori ϕ 20, che servono per movimentare con sicurezza le varie parti e per ancorarle ad idonei supporti in grado di resistere alle sollecitazioni di esercizio.

Portata [kg]	Reazione arcone struttura [kg]
300	180
500	260
800	570
1000	700
1500	1060
2000	1500

Prospetto reazioni ancoraggi struttura (coefficiente dinamico = 3)
da manuale delle istruzioni della piattaforma mod. HC Hidrostar

Le porte di piano sono dotate di apposite serrature a sbloccaggio meccanico rispondenti alla normativa vigente ed omologate per l'uso previsto. Queste sono di due tipologie, completamente vetrata quella a livello della pavimentazione della chiesa, mentre in ferro senza trasparenze quella a livello stradale. La loro apertura aziona automaticamente il circuito di illuminazione della piattaforma che rimane acceso quando la stessa è in funzione, e la pulsantiera che indica lo stato di "occupato" dell'impianto. Per evitare sovraccarichi di tensione nell'ambiente confinato dannosi all'uomo, la struttura metallica è collegata ad un efficiente impianto di terra con cavi di sezione minima 6 mm².

Il pulsante di chiamata della corsa è del tipo "uomo presente", vale a dire che bisogna mantenere pigiati i pulsanti di chiamata durante tutta la corsa della piattaforma per poterne servire, visto anche l'uso non frequente dell'impianto. L'utilizzazione dell'elevatore è riservata ad utenti autorizzati, ai quali vengono impartite istruzioni da parte della persona responsabile dell'impianto; a tal fine il funzionamento è reso possibile solo quando si inserisce la chiave in dotazione, nel dispositivo di blocco situato sulla pulsantiera interna.

Per motivi di sicurezza vi è, su quest'ultima, idoneo pulsante di blocco della pedana, la quale rimane sempre illuminata e funzionante anche qualora si verifichi un black-out, grazie ad una batteria indipendente che consente:

- funzionamento illuminazione interna;
- funzionamento allarme;
- funzionamento della pedana in discesa con i normali pulsanti.

Di notevole importanza, anche se non si tratta di un elevato dislivello, è il dispositivo di sicurezza oleodinamico antiallentamento, che impedisce la discesa della piattaforma in caso di cedimenti dell'intera sospensione. Esso consiste in una valvola, montata sullo scarico dell'olio all'interno del serbatoio, che consente il deflusso soltanto se la pressione supera il valore di 8 bar. Tale valore non viene raggiunto quando sul pistone gravano soltanto il peso proprio e quello degli organi di sospensione, ma potrebbe verificarsi durante la corsa nel caso in cui la pedana si incastri tra le guide⁴⁴.

Si riporta di seguito un indice riepilogativo:

caratteristiche principali

- corsa: mm.1380
- piani serviti: 2
- potenza motore: 2 kW
- alimentazione elettrica: 220/240 Volt monofase, 50 Hz

interfaccia utente

- velocità: <0,15m/s
- portata: <320 Kg
- manovra: a uomo presente con pulsanti di stop, salita e discesa all'interno e pulsanti di chiamata al piano. Pulsanti dotati di dicitura Braille
- allestimento: parete sul lato guide o cabina, entrambi con maniglione, illuminazione interna (anche in caso di black-out)

sicurezze meccaniche

- valvola antiallentamento
- valvola paracadute che blocca la piattaforma se in eccesso di velocità
- apertura delle porte tramite chiave di sicurezza
- serrature di piano che impediscono il funzionamento se una porta è aperta

sicurezze elettriche

- pulsante di stop a bordo
- fine-corsa elettromeccanici azionati automaticamente se non è avvenuta la fermata al piano più alto
- serratura con chiave in dotazione interna per il funzionamento
- dispositivo di accensione automatica dell'illuminazione interna quando la

⁴⁴ manuale delle istruzioni: elevatore per il superamento delle barriere architettoniche Hidrostar mod. HC, documentazione tecnica della Chiesa.

porta di piano è aperta.

3.2.4 *La piattaforma elevatrice: quadro normativo*

La Direttiva Macchine 2006/42/CE del Parlamento Europeo, aggiorna, ed in parte modifica, la precedente Direttiva 95/16/CE, che in Italia era stata recepita con la pubblicazione del DPR n. 459, oggi abrogato e sostituito dal D.Lgs. 17/2010, che meglio definisce alcuni aspetti del DPR 459/96 come, ad esempio, il campo di applicazione della Direttiva Macchine.

Al fine di poter apporre la marcatura “ce” ad una macchina a garanzia della sua sicurezza, la nuova normativa, come il precedente DPR 459/96, definisce gli obblighi dei costruttori, dei mandatari, dei rivenditori e degli utilizzatori finali, i requisiti essenziali per la salute e sicurezza che la progettazione e costruzione delle macchine devono rispettare per poter effettuare la procedura di marcatura “ce” delle macchine.

Le disposizioni della Direttiva Macchine si applicano a:

- le macchine;
- le attrezzature intercambiabili;
- i componenti di sicurezza;
- gli accessori di sollevamento;
- catene, funi e cinghie;
- i dispositivi amovibili di trasmissione meccanica;
- le quasi-macchine.

Le quasi macchine sono identificate come quelle che, da sole, non garantiscono un'applicazione ben determinata e che sono destinate ad essere incorporate ad altre macchine o quasi macchine per costituire una macchina finale. Le quasi macchine non devono essere soggette a marcatura “ce”, ma sono soggette alla sorveglianza del mercato e regolamentate da appositi articoli che ne definiscono le procedure di valutazione della conformità (art. 10).

In generale la Direttiva Macchine non si applica alle macchine non modificate usate all'interno della comunità europea che, in Italia, rientrano nella normativa di sicurezza del D.Lgs. 81/2008.

Per quanto riguarda la valutazione della conformità delle macchine la Direttiva Macchine distingue tre tipologie di macchine:

- macchina non in allegato IV: il fabbricante o il suo mandatario applica la procedura di valutazione della conformità con controllo interno sulla fabbricazione della macchina di cui all'allegato VIII;
- macchina in allegato IV costruite in conformità alle norme armonizzate che le competono: non è più prevista la procedura di deposito per verifica del fascicolo tecnico presso un Organismo Notificato, ma è sufficiente la normale procedura di cui all'allegato VIII;
- macchina in allegato IV costruita non rispettando tutte le norme armonizzate o se le norme armonizzate non esistono o non coprono tutti i pertinenti requisiti essenziali: si applica o la procedura di esame per la certificazione CE di cui all'allegato IX, nonché controllo interno sulla fabbricazione della macchina di cui all'allegato VIII, punto 3; oppure la procedura di garanzia qualità totale di cui all'allegato X.

La piattaforma elevatrice rientra nella Direttiva Macchine e nell'allegato IV, in quanto “apparecchio di sollevamento con velocità di spostamento non superiore a 0,15 m/s”.

Per la piattaforma elevatrice, quindi, si attuano le procedure per la valutazione della conformità dell'allegato VIII, eliminando, sia il semplice deposito del Fascicolo Tecnico a un organismo notificato senza che questo preveda alcuna verifica, sia il ricorso all' esame del Fascicolo Tecnico da parte di un organismo notificato, conservando, però, la possibilità per il fabbricante di un processo di fabbricazione documentato e controllato interamente. Si introduce, quale alternativa per il fabbricante, la garanzia di qualità completa, tramite la quale il medesimo istituisce nella propria azienda un sistema di qualità approvato per la progettazione, la fabbricazione, l'ispezione finale e le prove, detto sistema di qualità viene sottoposto a sorveglianza da parte di un organismo notificato.

3.2.5 La piattaforma elevatrice e l'ascensore

Oggi giorno stanno aumentando i casi di installazioni di piattaforme elevatrici, sia per la mancanza di spazi per rampe, come spesso accade, sia per la facilità di costruzione. Inoltre, mentre prima erano usate solo per il

superamento di pochi metri di dislivello, ora, grazie all'innovazione tecnologia e la ricerca della aziende produttrici, possono superare in tutta sicurezza anche differenze di 4 o 5 piani.

La facilità di montaggio di piattaforme elevatrici, soprattutto per edifici di alta valenza storico culturale, si traduce anche nella possibilità di non dover ospitare il vano fossa, o comunque di non realizzarli profondi, come per esempio per gli ascensori. In questi casi, per l'installazione, gli interventi strutturali necessari sono minimi, non richiedono neppure la presenza del locale macchina perché la centralina ed il motore possono essere contenuti in un vano di piccole dimensioni accanto all'impianto funzionante con corrente da 220 volt. Gli elevatori sono macchine a presenza continua, il loro utilizzo è legato al mantenimento della pressione di un pulsante durante la corsa, cosiddetta modalità ad "uomo presente".

L'ascensore è certamente il sistema di sollevamento più sicuro, rientra in un'apposita Direttiva 95/16/CE, recepita in Italia con il D.P.R. 162/99 e modificata con il successivo D.P.R. 214/2010, normative che regolano l'installazione e la manutenzione, tematiche che per le piattaforme elevatrici trovano spazio nella Direttiva Macchine.

Sia per gli elevatori che per gli ascensori, sono necessari studi di progettazione degli spazi, degli ingombri, finalizzati, comunque, a garantire sicurezza, accessibilità ed impiego a tutti.

È però necessario che si considerino con attenzione le possibili problematiche legate alle misure, alla collocazione della porta di accesso e della pulsantiera. Sia per gli elevatori che per gli ascensori, conviene che la porta sia progettata sul lato corto della macchina per agevolare l'accesso in carrozzina ed evitare qualsiasi manovra all'interno della cabina/piattaforma.

L'impianto più comodo è, senza dubbio, quello con due accessi, ciò permette all'utente con difficoltà motorie di non dover effettuare ne' manovre ne' spostamenti di retromarcia, di modo da garantire sicurezza e condizioni di *comfort*.

La soluzione ideale per l'accesso è la porta automatica, per gli ascensori è prevista dalla normativa, per gli elevatori le porte sono necessariamente a battente, al bisogno si possono automatizzare e gestire con un telecomando a distanza. La tastiera deve essere a sviluppo orizzontale ad almeno cm. 60 oltre la soglia per garantirne l'accessibilità anche a chi è costretto alla postura

seduta; l'altezza raggiungibile dalla maggior parte delle persone, compresi i bambini, è fra gli 80 ed i 100 cm. E', ormai norma, che sia inserita anche la scrittura Braille (D.M. 236/1989). Sia gli elevatori che gli ascensori possono essere collocati anche esternamente agli edifici.

La scelta di un impianto di sollevamento è, comunque, dettata dalla destinazione d'uso dell'edificio e, soprattutto, dalla intensità del traffico, inteso come numero totale di persone che nella giornata vengono trasportate dal sistema di elevatori, sia in salita che in discesa, partendo da un piano qualunque e diretti ad un altro; tenendo conto che, soprattutto nei casi di edifici alti per uffici o residenziali, il traffico non è costante nel tempo, è necessario studiarne la variabilità nell'arco della giornata.

4 Un modello di studio applicativo

4.1 LA BASILICA DI SAN PAOLO FUORI LE MURA

4.1.1 *La storia*

La basilica di San Paolo fuori le mura, rientrante nel patrimonio dell'Unesco dal 1980, è una delle quattro basiliche papali di Roma, la seconda più grande dopo quella di San Pietro in Vaticano. Sorge lungo la via Ostiense, vicino alla riva sinistra del Tevere, a circa due km fuori dalle mura aureliane, si erge sul luogo che la tradizione indica come quello della sepoltura dell'apostolo Paolo (a circa 3 km dal luogo, detto "Tre Fontane", in cui subì il martirio e fu decapitato); la tomba del santo si trova sotto l'altare maggiore, detto "altare papale".

Il corpo di San Paolo fu sepolto in "*Praedio Lucianae*", ovvero un'area cimiteriale a lato della via Ostiense. Nel luogo dove egli fu deposto dopo il suo martirio, venne eretto un edificio commemorativo che si apriva sulla Via Ostiense, simile a quello costruito sulla tomba di San Pietro; i due edifici nei primordi vennero chiamati "i trofei degli apostoli". Il piccolo edificio doveva avere, probabilmente, una forma sepolcrale detta anticamente "*cella memoriae*" immune da qualsiasi violazione.

Il luogo, meta di pellegrinaggi ininterrotti dal I secolo, venne monumentalizzato, come testimoniato dal *Liber Pontificalis*, dall'imperatore Costantino I, con la creazione di una piccola basilica, di cui si conserva solo la curva dell'abside, visibile nei pressi dell'altare centrale della basilica attuale ed

orientato in direzione opposta all'attuale. Doveva trattarsi di un piccolo edificio, probabilmente a tre navate, che ospitava in prossimità dell'abside la tomba di Paolo, ornata da una croce dorata.

La basilica di Costantino venne consacrata il 18 novembre 324 durante il pontificato di Silvestro I, e si inserisce nella serie di basiliche costruite dall'imperatore dentro, ma soprattutto fuori della città, ed è la seconda fondazione costantiniana in ordine di tempo, dopo la cattedrale dedicata al Santo Salvatore (l'attuale basilica di San Giovanni in Laterano).

La basilica di San Paolo costantiniana risultò nel tempo inadeguata per la folla dei pellegrini che vi si recavano; essa era molto più piccola rispetto alla coeva basilica di San Pietro. Venne quindi ricostruita completamente sotto il regno congiunto degli imperatori Teodosio I, Graziano e Valentiniano II (391), e tale struttura rimarrà sostanzialmente intatta fino al disastroso incendio del 1823.

La costruzione venne affidata a Ciriade, *professor mechanicus*, che costruì un edificio a cinque navate, con 80 colonne e un quadriportico che si differenziava dal precedente, oltre che per le dimensioni anche per l'opposto orientamento dell'abside, che la basilica mantenne anche dopo l'incendio del 1823. La basilica fu consacrata da papa Siricio nel 390 e venne completata sotto l'imperatore Onorio nel 395.

Sotto il pontificato di papa Gregorio I, la basilica venne modificata drasticamente. Il livello pavimentale venne rialzato, soprattutto nel settore del transetto, per realizzare l'altare direttamente sopra la tomba di Paolo (in precedenza l'altare doveva trovare la sua collocazione presso la navata centrale, mentre sulla tomba vi era un basso monumento, racchiuso da transenne marmoree). Un'operazione del tutto analoga fu compiuta per la basilica di San Pietro. L'esito fu quello di poter realizzare anche una Confessione, cioè un piccolo accesso posto sotto il livello del transetto, dal quale si poteva raggiungere la tomba dell'apostolo.

Ad Adriano I si deve il rifacimento del pavimento dell'atrio, e al suo successore Leone III la collocazione del primo pavimento in marmo. Nel IX secolo, per preservare la basilica, Giovanni VIII la fa circondare da una cinta di mura fortificata con torri, creando un vero e proprio borgo soprannominato "Giovannipoli". Nell'XI secolo viene eretto il campanile accanto alla navata nord dalla parte della facciata. La basilica si impreziosì poi di un ciborio,

realizzato nel 1285 da Arnolfo di Cambio, della struttura del chiostro e di un candelabro per il cero pasquale.

Sotto Clemente VIII, nel 1600, fu costruito l'altare maggiore e nel 1724 Benedetto XIII fece costruire la Cappella del Crocifisso, oggi intitolata al Santissimo Sacramento, per accogliere un crocifisso ligneo del XIV secolo, attribuito a Tino di Camaino.

La notte del 15 luglio 1823, nella basilica, si sviluppò un incendio che ne distrusse una gran parte. Il rogo fu provocato dalla negligenza di uno stagnaio, che, dopo aver aggiustato le grondaie del tetto della navata centrale, dimenticò acceso il fuoco che aveva usato per il lavoro. Un buttero, Giuseppe Perna, che pascolava il bestiame nelle vicinanze, lanciò l'allarme quando l'incendio era comunque già avviato.

Dopo l'incendio rimasero in piedi poche strutture. Il transetto miracolosamente aveva retto al crollo di parte delle navate e resistito alle altissime temperature dell'incendio, preservando il ciborio di Arnolfo di Cambio ed alcuni mosaici. Si salvarono anche l'abside, l'arco trionfale, il chiostro e il candelabro, ma si dovettero ricostruire gran parte delle strutture murarie.

“Io visitai san Paolo il giorno dopo l'incendio. Ne ebbi un'impressione di severa beltà, triste quanto la musica di Mozart. Erano ancora vive le vestigia dolorose e terribili della sciagura; la chiesa era ancora ingombra di nere travi fumanti, semibruciate; i fusti delle colonne, spaccati per tutta la loro lunghezza, minacciavano ad ogni istante di cadere. I Romani, costernati, erano andati in massa a vedere la chiesa incendiata. Era uno dei più grandiosi spettacoli che io abbia mai visto” (Stendhal).

La ricostruzione fu voluta da Leone XII, che il 25 gennaio 1825 emanò l'enciclica *Ad plurimas* nella quale invitava i vescovi ad una raccolta di offerte presso i fedeli per la ricostruzione. All'appello rispose buona parte del mondo cristiano, con offerte generose, tra le quali quelle del Re di Sardegna, della Francia, delle Due Sicilie, dei sovrani dei Paesi Bassi, dello zar Nicola I che offrì i blocchi di malachite dei due altari laterali del transetto e del viceré d'Egitto che inviò le colonne d'alabastro. Proprio il dono dello zar fece sì che non si potesse più collocare nella chiesa l'altare a cui avevano lavorato

Camillo Rusconi e Luigi Mirri, che venne così donato da Pio IX alla Cattedrale di Forlì in occasione di un suo viaggio in quella città, nel 1857.

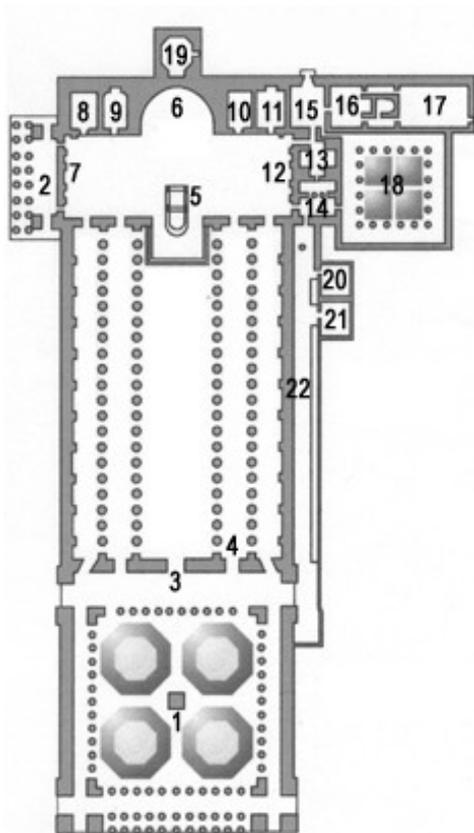
Lo stesso Leone XII, in un chirografo del 18 settembre 1825 pose le basi per il progetto:

« Vogliamo in primo luogo che sia soddisfatto compiutamente il voto degli eruditi, e di quanti zelano lodevolmente la conservazione degli antichi monumenti nello stato in cui sursero per opera di' loro fondatori. Niuna innovazione dovrà dunque introdursi nelle forme e proporzioni architettoniche, niuna negli ornamenti del risorgente edificio, se ciò non sia per escluderne alcuna piccola cosa che in tempi posteriori alla sua primitiva fondazione poté introdursi dal capriccio delle età seguenti ».

(Leone XII, chirografo 1825)

I lavori, diretti dall'architetto Pasquale Belli, che lavorava su un progetto iniziale di Giuseppe Valadier, poterono iniziare l'anno successivo, con la demolizione dell'Arco di Galla Placidia ed il reinserimento del quadriportico.

L'attuale aspetto della basilica è, però, dovuto, in massima parte, all'architetto Luigi Poletti. Una prima consacrazione avvenne il 5 ottobre 1840 ad opera di Gregorio XVI, che dedicò solennemente l'altare della Confessione, ma l'intera basilica venne consacrata da Pio IX il 10 settembre 1854, alla presenza di un gran numero di cardinali e di vescovi, presenti a Roma per la proclamazione del Dogma dell'Immacolata Concezione. I lavori, comunque, andarono oltre, entro il 1874 furono completati i mosaici della facciata, mentre solo nel 1928 fu aggiunto il vasto quadriportico esterno, disegnato da Guglielmo Calderini e formato da quasi 150 colonne.



Pianta della Basilica di San Paolo fuori

le mura:

1. Quadriportico
2. Portico gregoriano
3. Porta Principale
4. Porta Santa
5. Confessione
6. Abside
7. Altare della conversione
8. Cappella di Santo Stefano
9. Cappella del SS. Sacramento
10. Cappella di san Lorenzo
11. Cappella di San benedetto
12. Altare della Madonna
13. Battistero
14. Oratorio di San Giuliano
15. Sala gregoriana
16. Sagrestia
17. Pinacoteca
18. Chiostro
19. Campanile
- 20-21-22. Passeggiata Archeologica

Il 23 aprile 1891, lo scoppio della polveriera del Forte Portuense mandò in frantumi le vetrate a colori eseguite da Antonio Moroni nel 1830: al loro posto furono sistemate sottilissime lastre di alabastro donate da re Fuad I d'Egitto.

Nel dicembre 2006 furono ultimati alcuni lavori di restauro nella zona davanti all'altare papale, più bassa rispetto al pavimento della basilica: con la demolizione dell'altare che era presente in questa zona, è stato reso in parte visibile il sarcofago marmoreo che si trova sotto l'altare papale e che, secondo la tradizione, contiene i resti mortali dell'apostolo Paolo. È anche visibile la traccia della piccola abside appartenente alla chiesa più antica e orientata in senso contrario rispetto alla basilica attuale, l'abside era anticamente rivolta verso ovest, mentre oggi è rivolta verso est.

4.1.2 *L'architettura*

L'intera basilica, lunga 131 metri, larga 65, alta circa 30, è imponente e rappresenta per grandezza la seconda delle quattro basiliche patriarcali di Roma⁴⁵.

Da un lato e dall'altro due navate fiancheggiavano la navata maggiore, e la loro ampiezza è pari a quella della navata mediana. Il sacrario di san Paolo si trova sotto l'altare, vicino all'arco trionfale che separava il transetto dalla navata, un transetto continuo, ma più alto di quello di San Pietro, copre il sacrario: verso est si concludeva in una grandiosa abside, come quella di San Pietro. Quattro file di colonne ad arcate fiancheggiavano la navata centrale e separavano quelle laterali; in quella centrale sostenevano grossi muri sovrastanti e nelle navate laterali dei muri bassi; come a San Pietro, i muri sostenuti da archi, erano forati da una serie di aperture sotto il tetto. Ventuno finestroni per lato (invece degli undici di San Pietro), ognuno in asse con gli intercolumni, illuminavano la navata. L'abside restava buia, però nel transetto finestre arcuate e oculi riversavano un'ondata di luce sul sacrario.

I costruttori di San Paolo emularono quelli di San Pietro nelle proporzioni e nella pianta, compresa la rara soluzione del transetto continuo, ma realizzarono una variante, non una semplice copia. Il transetto era alto quasi quanto la navata centrale, più profondo e più corto, con i muri delle testate che sporgevano appena al di là del limite delle navate esterne. Il sacrario, inoltre, non si trovava sulla corda dell'abside come a San Pietro, era invece il più possibile a ridosso della navata; il colonnato della navata maggiore era coronato da archi anziché da una trabeazione; in luogo della massa eterogenea di fusti di colonne, basi e capitelli tutti diversi, come avveniva in San Pietro, gli elementi dei colonnati in San Paolo originariamente erano omogenei. I fusti palesemente erano stati scelti con accuratezza tra il materiale di spoglio romano, come i capitelli della navata centrale (quelli al centro furono sostituiti dopo il 442 con altri di spoglio), ma i capitelli delle navate laterali furono disegnati apposta per l'edificio.

⁴⁵ Luciano Zeppigno, Roberto Mattonelli, *Le chiese di Roma, Roma*, Newton Compton, 1996.

4.1.2.1 *Il prospetto*

Il corpo della basilica è preceduto dal cortile quadriporticato realizzato tra il 1890 e il 1928 da Guglielmo Calderini su progetto iniziale di Luigi Poletti. Al centro del cortile si trova la statua di San Paolo, realizzata in marmo di Carrara da Giuseppe Obici.



Il portico e la facciata della Basilica di San Paolo fuori le mura

La facciata sopra il colonnato è decorata con dei mosaici eseguiti fra il 1854 e il 1874 su cartoni di Filippo Agricola e Nicola Consoni che si ispirarono per quanto possibili a quello originale del X secolo. Il mosaico è suddiviso in tre fasce. In quella inferiore, su sfondo oro, alternati alle finestre, sono raffigurati i quattro profeti dell'Antico Testamento: Isaia, Daniele, Geremia ed Ezechiele. Sopra di essi, prima del cornicione, vi è una fascia con l'*Agnus Dei* sul monte del paradiso da cui sgorgano i quattro fiumi simboleggianti i Vangeli, nei quali si dissetano dodici agnelli, che simboleggiano gli apostoli. Nel timpano triangolare, infine, vi è raffigurato Cristo benedicente posto in mezzo a San Paolo e San Pietro.

Nel nartece, arricchito anch'esso, come gli altri tre lati del quadriportico, da marmi policromi nel rivestimento delle pareti, si aprono i cinque portali che permettono l'accesso alla basilica. Fra le porte, quella centrale, che è la più grande, risale al 1931 ed è opera di Antonio Maraini. Essa, alta 7,48 metri e larga 3,35, raffigura degli episodi della vita dei santi Pietro e Paolo ed è realizzata in bronzo e decorata da una croce realizzata con la tecnica dell'agemina in argento ed incrostata di lapislazzuli.

La porta di destra, risalente all'XI secolo, è la più antica: divisa in 54 pannelli nei quali sono incise scene di vita di Gesù e dei suoi apostoli, è chiamata Porta Bizantina e fungeva da ingresso principale fino al 1967 quando è stata invece scelta per chiudere dall'interno il vano della Porta Santa. Quest'ultima, opera di Enrico Manfrini, misura 3,71 metri in altezza e 1,82 in larghezza, illustra sull'esterno il tema della Trinità e reca alla base un distico augurale in latino: *Ad sacram Pauli cunctis venientibus aedem sit pacis donum perpetuoquoae salus* (A quanti vengono nel santo tempio di Paolo sia concesso il dono della pace e della salvezza eterna)⁴⁶.

4.1.2.2 *Le Navate*

La basilica di San Paolo fuori le Mura presenta una pianta a croce latina; l'aula è divisa in cinque navate, separate da quattro file di 20 colonne monolitiche di granito di Montorfano, e prive di cappelle laterali. Il rivestimento delle pareti, come quello del pavimento, è in marmi policromi che compongono motivi geometrici. Lungo le due navate laterali più esterne, il transetto e la navata centrale, si aprono i grandi finestroni ad arco a tutto sesto, chiusi con sottilissime lastre di alabastro sorrette da elaborate intelaiature in ferro battuto. Nella fascia immediatamente sopra gli archi che dividono le navate, vi è la serie dei tondi contenenti i ritratti di tutti i Pontefici, da San Pietro fino a papa Francesco. Realizzati con la tecnica del mosaico e su sfondo oro, furono iniziati nell'anno 1847, durante il pontificato di Pio IX. L'idea di questa serie di tondi ha le radici nell'antica basilica, poiché erano presenti anche in quest'ultima.

⁴⁶ descrizione della Basilica su vatican.va



L'interno della Basilica di San Paolo fuori le mura

Sopra i medaglioni musivi, nella parte alta della navata centrale e del transetto, sono presenti 36 affreschi nei quali sono raffigurati degli episodi della vita di San Paolo, anch'essi voluti da Pio IX, ma terminati soltanto nel 1860. Durante i vari scavi e sondaggi compiuti dalla prima metà dell'Ottocento ad oggi, sono emerse più di 1700 lastre con iscrizioni, che fungevano da lapidi per le oltre 5000 sepolture stimate ancora sotto il pavimento della basilica.

4.1.2.3 *L'Arco di Galla Placidia*

L'arco trionfale, ovvero l'arco che separa il transetto dalla navata centrale, è detto di Galla Placidia, dal nome della committente dell'opera, che fece realizzare la decorazione musiva che lo ricopre tuttora durante il pontificato di Leone I. Alcuni importanti restauri conservativi furono attuati durante il pontificato di Clemente XII (1731-1740). Dopo l'incendio del 1823, il mosaico venne staccato e sottoposto ad un intervento di restauro.



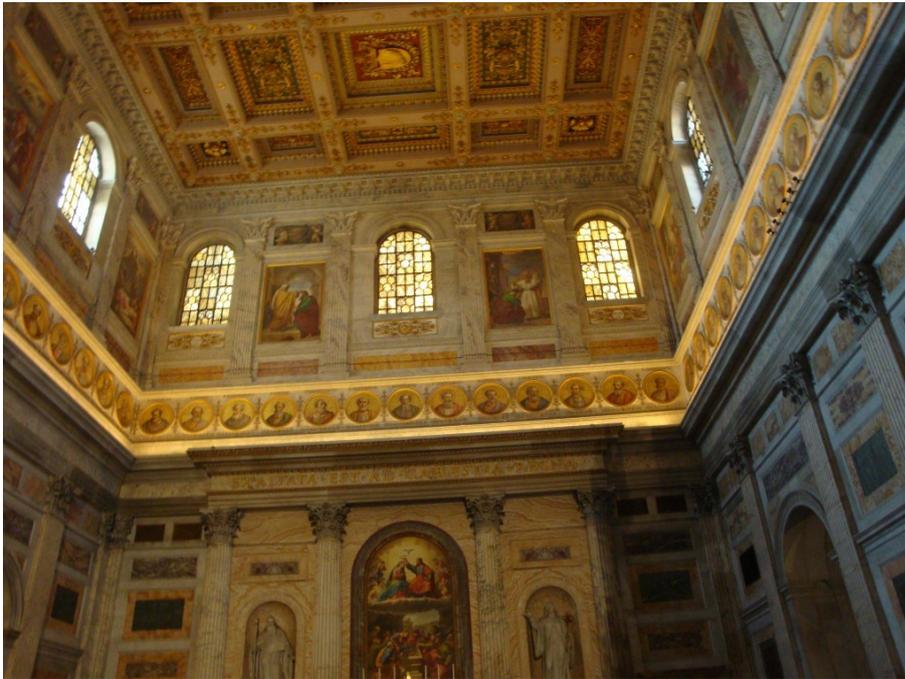
L'Arco di *Galla Placidia* in San Paolo fuori le mura

Al centro della composizione, al disopra dell'arco, vi è raffigurato Cristo Pantocratore iscritto dentro una circonferenza da cui fuoriescono dei raggi. Ai suoi lati, fra le nuvole rosse e verdi del cielo dorato, vi sono i quattro simboli degli Evangelisti: il bue di Luca e l'angelo di Matteo a sinistra; l'aquila di Giovanni e il leone di Marco a destra. Più in basso, ai due lati dell'arco, sono raffigurati ventiquattro uomini anziani disposti in quattro gruppi da sei, due per ogni lato. Indossano il pallio e portano una corona. Ancora più sotto, su sfondo blu scuro, vi sono le figure di San Paolo (a sinistra) e di San Pietro (a destra).

4.1.2.4 *Transetto e cappelle laterali*

Il transetto riprende nella decorazione lo schema della navata centrale: le pareti sono decorate da marmi policromi e scandite da lesene corinzie nella fascia inferiore, mentre in quella superiore continuano gli affreschi sulla vita di San Paolo alternati ai finestroni in alabastro. Alle due testate vi sono due altari gemelli, realizzati con la malachite donata dallo zar di Russia Nicola I in stile neoclassico. I due altari sono dedicati alla Madonna (altare di destra, con

pala raffigurante l'Incoronazione della Vergine, e a San Paolo l'altare di destra, con pala raffigurante la Conversione di San Paolo.



Il Transetto in San Paolo fuori le mura

Sul transetto, si aprono quattro cappelle, due a destra e due a sinistra dell'abside, in corrispondenza delle relative navate laterali. Di seguito si descrivono a partire dall'estrema sinistra. La prima è la cappella di Santo Stefano, conserva all'interno il dipinto Martirio di Santo Stefano di Francesco Podesti e la statua del protomartire, di Rinaldo Rinaldi. La seconda è la cappella del Santissimo Sacramento, scampata all'incendio del 1823, fu progettata da Carlo Maderno, che scolpì anche la statua di Santa Brigida qui conservata. Procedendo verso destra e superata l'abside, la terza cappella del transetto è la cappella di San Lorenzo, anch'essa del Maderno, contiene gli stalli intarsiati del coro dei monaci e alcuni dipinti di Giuseppe Ghezzi, fra cui l'Ultima Cena, posta sulla parete di destra. Sull'altare si può ammirare un trittico marmoreo di Andrea Bregno, del 1494. L'ultima cappella è la cappella di San Benedetto, progettata dal Poletti con l'intento di riprodurre la cella di

un tempio pagano, conserva la statua marmorea di Pietro Tenerani ritraente il santo abate assiso in cattedra; le dodici colonne sono antiche, provenendo dall'antica città di Veio⁴⁷.

4.1.2.5 *Il Ciborio*

Al centro del transetto della basilica, sotto l'arco trionfale, si trova il Ciborio, opera mirabile in stile gotico di Arnolfo di Cambio, realizzata per volere dell'abate Bartolomeo. In marmo, è costituito da un'edicola gotica sorretta da quattro colonne corinzie che ha alla base, in corrispondenza dei lati, quattro cuspidi che si aprono verso l'interno con degli archi a sesto acuto. Ai quattro angoli dell'edicola, entro delle nicchie sormontate da cuspidi triangolari, vi sono le statue di San Paolo, San Pietro, Timoteo vescovo e Bartolomeo.

⁴⁷ AA. VV. Roma, guida del *Touring Club Italiano*, edizione 1977



Il *Ciborio* in San Paolo fuori le mura

In alto, l'opera scultorea termina con un'alta cuspide sormontata da una croce dorata e sorretta da un piccolo loggiato con aperture di foggia gotica. Nel periodo immediatamente successivo alla riapertura della basilica ricostruita dopo il disastroso incendio del 1823, il ciborio venne coperto da un ampio baldacchino in stile neoclassico, poi demolito. Nei pressi del ciborio, si trova il Candelabro del cero pasquale, realizzato da Pietro Vassalotto e Nicolò D'Angelo nell'anno 1170 e raffigurante scene della vita di Gesù alternate a motivi floreali. Dinanzi all'altar maggiore, vi è la Confessione, posta ad una quota più bassa rispetto alla navata centrale ed accessibile tramite due scale in marmo. Fino ai restauri del 2002, essa era utilizzata per la Messa feriale e vi era un altare addossato alla parete su cui poggia il ciborio gotico. Dopo i restauri suddetti, l'altare è stato demolito per lasciar spazio all'attuale apertura

quadrangolare che permette di vedere sia il sarcofago dell'apostolo Paolo, sia l'abside della basilica costantiniana, che aveva orientamento inverso rispetto all'attuale.

4.1.2.6 *L'Abside*

Una delle strutture meno colpite dall'incendio del 1823, è stata l'ampia abside semicircolare, posta in asse con la navata centrale oltre il transetto. Al centro, vi è l'imponente cattedra, sopra la quale siede il papa quando celebra nella basilica. Il catino absidale è completamente decorato con il pregevole mosaico opera realizzata durante il pontificato di Onorio III (1216-1227) con l'aiuto di artigiani che avevano collaborato ai mosaici di San Marco a Venezia.



L'Abside in San Paolo fuori le mura

L'insieme è dominato dalla figura del Redentore assiso in trono con il libro dei Vangeli aperto nella mano sinistra ed in atto di benedire. Ai suoi lati, vi sono i santi Pietro e Paolo, affiancati dalle figure dei santi Andrea apostolo e Luca evangelista, della medesima grandezza dei primi. Ai piedi del trono, è raffigurato Onorio III in abiti pontificali che rende omaggio a Cristo, esso è raffigurato in scala minore rispetto agli altri personaggi di questa parte di mosaico. Nella fascia inferiore incorniciata fra due greche geometriche, vi è al centro la Croce, affiancata da due angeli. Ai due lati, alternati da palme, appaiono dieci dei dodici apostoli. Ai piedi della croce, anche in questo caso più piccoli delle altre figure della fascia, vi sono il Papa Niccolò III, al secolo Giovanni Gaetano Orsini e già abate di San Paolo fuori le Mura, il monaco Ardinolfo e i Cinque Santi Innocenti, il cui santuario principale è stata la basilica di san Paolo fino alla traslazione delle loro reliquie in quella di Santa Maria Maggiore per volere di papa Sisto V.

4.2 LA PROPOSTA PROGETTUALE

La pianta della Basilica è a croce latina, è lunga circa m. 130, larga m. 65 ed alta circa m. 30 con un volume vuoto per pieno di circa mc. 253.500. Le notevoli dimensioni in pianta le consentono di ospitare fino a circa 25.000 persone.

Nel corso dello studio effettuato sono state progettate soluzioni in merito alla sicurezza e prevenzione incendi, all'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche ed a quello termico.

4.2.1 *Sicurezza e prevenzione incendi*

4.2.1.1 *Lo stato di fatto*

Sulla sicurezza antincendio vi è da osservare che la normativa italiana, per quanto attiene ai luoghi di culto, non prevede particolari prescrizioni. E' il caso di precisare, comunque, che la Basilica, secondo quanto riportato nel D.P.R. 151/01.08.2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'Art. 49, comma 4 quater, del Decreto Legge 78/31.05.2010, commutato con modificazioni dalla Legge 122/30.07.2010", potrebbe contenere le seguenti attività:

- 34.- Archivi di materiali cartacei, biblioteche con quantitativi in massa superiore a 50.000 kg;
- 72.- Edifici sottoposti a tutela ai sensi del Decreto Legge 42/22.01.2004 aperti al pubblico (ex attività 90 del D.M. 16.02.1982);
- 73.- Edifici e/o complessi edilizi a uso terziario caratterizzati da promiscuità strutturale e/o dai sistemi delle vie di esodo con presenza di persone superiore a 300 unità, ovvero di superficie complessiva superiore a 5.000 mq, indipendentemente dal numero di attività costituenti e dalla relativa diversa titolarità;
- 74.- Impianti per la produzione di calore alimentati con combustibile solido, liquido o gassoso con potenzialità superiore a 116 kW;
- 77.- Edifici destinati ad uso civile con altezza antincendio superiore a 24 m.

Nel caso in esame, anche senza ipotizzare le condizioni di massima affluenza, sarebbe semplicemente assurdo adeguare anche solamente le vie di esodo del complesso.



Immagini della copertura: particolari esterni

Bisogna, comunque, convenire che il carico d'incendio presente a livello del calpestio, e quindi a livello degli utenti, è irrisorio, quello che certamente lo rende preoccupante è il cassettonato ligneo e la struttura portante di sostegno metallica che si trova ad una altezza di circa m 30 dagli stessi utenti e, quindi, potenziali provocatori di incendio.



Immagini del vano di copertura: particolari dei telai metallici

Pertanto, il rischio maggiore di un incendio all'interno della Basilica proviene proprio dal volume presente al di sopra del cassettonato. E' stato accertato che tale volume, difficilmente accessibile, è occupato da una struttura lignea e metallica che sorregge non solo il cassettonato, ma anche una serie di camminamenti, anch'essi in parte lignei ed in parte metallici, oltre alla copertura a falde inclinate.



Immagini del vano di copertura: particolari del tavolato ligneo

In questo volume sono presenti una serie di estintori e dei rilevatori di fumo con segnalazione acustica, apparecchiature assolutamente insufficienti in caso di incendio.

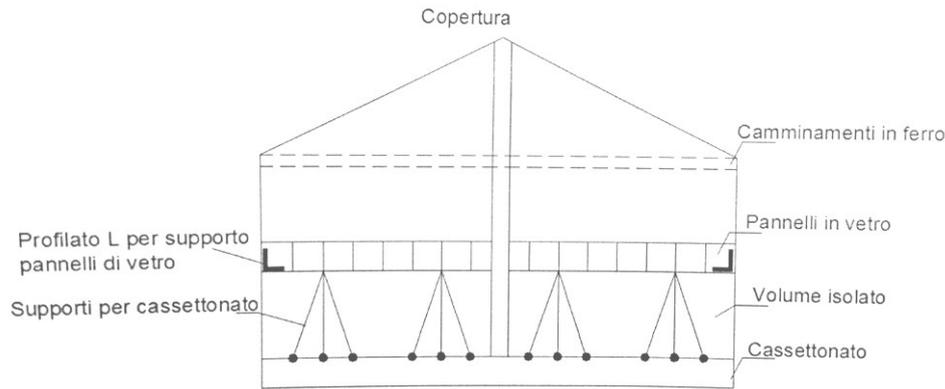


Immagini del vano di copertura: particolari delle travi lignee

4.2.1.2 *Il progetto ed il sistema antincendio Water Mist*

L'idea progettuale prevede la realizzazione di una piattaforma di pannelli in vetro con struttura di supporto in acciaio, composta da profilati di tipo "L", da interporre tra i camminamenti e il sottostante cassettonato, ossia nella zona dove il rischio incendio all'interno della basilica risulta maggiore.

Tale piattaforma dovrà isolare il sottostante cassettonato salvaguardandolo, oltre che dal pericolo di incendio, anche da eventuali infiltrazioni di polvere, umidità e deiezioni di volatili.



Progetto del vano di copertura

Inoltre, per salvaguardare il volume sovrastante e diminuire il pericolo di incendio, risulta essere necessario sostituire i camminamenti lignei con altrettanti in acciaio con alto valore REI. E' necessario, inoltre, operare un'adeguata manutenzione, e dove occorre sostituzione, dei tiranti che supportano il cassettonato ligneo.

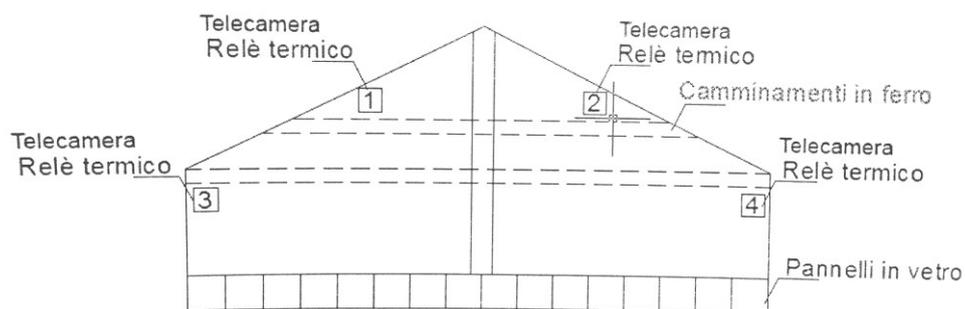
Per monitorare tutta l'area è essenziale predisporre un sistema di videosorveglianza di 24h/24, alimentato da energia elettrica od alternativa, dotato di un rilevatore termico che, al raggiungimento della temperatura prestabilita, invia il segnale di allarme su postazioni predefinite, e anche in remoto su dispositivi elettronici come smartphone mediante rete Wi-fi, al fine di consentire l'intervento di operatori addetti.

La prevenzione incendi può avvenire sia attraverso l'impiego di telecamere ottiche per la rilevazione dei fumi, sia con l'abbinamento a telecamere termiche per la rilevazione di variazioni di temperatura, oppure integrate.



AXIS Q8721-E è una soluzione che abbina una telecamera visiva, con obiettivo e zoom ottico 10x integrato, a una telecamera termica perfettamente sincronizzata nei movimenti di rotazione e inclinazione. La telecamera termica può ottenere una precisione di rilevamento superiore ed è in grado di funzionare anche nella totale oscurità e in condizioni meteorologiche avverse. La telecamera visiva consente diverse possibilità di riconoscimento e durante le ore notturne può beneficiare di un kit A opzionale d'illuminazione PT IR per un'identificazione più accurata.

Il sistema di videosorveglianza, oltre che a prevedere ed allertare nel caso di principio di incendio, può essere utilizzato anche per il pericolo di intrusioni di terzi. Il sistema può essere attivato e disattivato sia in locale sia in remoto mediante codici di accesso profilati rispetto al ruolo del personale addetto specializzato a svolgere tale servizio.



Progetto di sistemazione delle telecamere

L'applicazione suddetta può essere utilizzata in qualsiasi tipo di edificio e di diverse dimensioni, consentendo di salvaguardare non solo la parte

strutturale, ma anche gli elementi di arredo e le relative opere d'arte presenti, e grazie alla presenza di sensori permetterà di prevenire il pericolo di furti ed effrazioni.

Per proteggere questa struttura sarebbe necessario realizzare, al di sopra del cassettonato, compartimenti a tenuta d'incendio protetti con un impianto di rivelazione assistito da un impianto di spegnimento con sistema a gas o, ancora meglio con sistema *Water-Mist*. La constatazione che l'acqua nebulizzata in particelle finissime, di grandezza inferiore a 100 micron, avesse un ottimo potere estinguente, risale all'incirca agli anni trenta del secolo appena trascorso. Tali microparticelle, evaporando, assorbono una notevole quantità di calore dall'ambiente provocando la riduzione della temperatura di combustione, della concentrazione di ossigeno e della densità dei fumi rendendoli così, meno nocivi.

Il principio di efficacia si basa sulla suddivisione delle gocce d'acqua in micro gocce, ottenendo così un considerevole effetto di raffreddamento, una riduzione del livello di ossigeno sul fronte di fiamma e una riduzione del calore radiante.

Durante gli ultimi anni si sono sviluppate numerose tecnologie per il controllo, la soppressione e lo spegnimento degli incendi: l'unica che racchiude in sé tutte le possibilità, è la tecnologia *Water Mist*. In tal senso è opportuno definire I seguenti concetti:

- controllo: limitare lo sviluppo dell'incendio e la sua espansione, il tempo di scarica è generalmente lungo, assimilabile a quello di un tradizionale sistema sprinkler anche se con portate molto inferiori;
- soppressione: consiste in un'azione rapida riducendo i fattori d'incendio come rilascio di calore e gas, i focolai vengono attaccati e ridotti in maniera considerevole e poco pericolosi, ma non vengono estinti completamente demandando quest'ultima azione ad un intervento manuale;
- estinzione: dopo la scarica del sistema (normalmente in 10 minuti), il sistema non solo deve aver estinto l'incendio, ma anche eliminato tutte le possibilità di un ulteriore innesco.

Per comprendere il processo di funzionamento sia esso di estinzione, soppressione o controllo di un sistema ad acqua nebulizzata, è necessario capire come nasce e si sviluppa un incendio. Per questo consideriamo il famoso “triangolo del fuoco”.

Perché si verifichi e si sviluppi un incendio, devono essere presenti tre elementi fondamentali:

- combustibile: necessario per alimentare la reazione di combustione;
- comburente: l'ossigeno, sempre presente in atmosfera;
- abbastanza calore da innescare e sostenere la reazione di combustione.

I sistemi ad acqua nebulizzata intervengono negli ultimi due elementi, ovvero su ossigeno e calore. Per il primo, l'obiettivo è quello di impedire all'ossigeno di raggiungere il materiale combustibile, evitare così la reazione di ossido-combustione e spegnere il fuoco. Per avviare e diffondere il fuoco è essenziale che sia disponibile energia termica tale da raggiungere la temperatura di accensione. Inoltre, per far sì che un incendio divampi, è necessaria dell'energia termica prodotta dalla reazione di combustione. Se l'emissione di questa energia può essere ritardata sufficientemente e velocemente, la combustione tende a non avvenire. Un getto d'acqua è un agente ideale per questo scopo, se frazionato in piccole gocce ancor meglio. Nel momento in cui viene irrorata dell'acqua frazionata in tante piccole, piccolissime goccioline, si ottimizza lo scambio di calore in modo tale che la temperatura scenda a causa del calore assorbito dalla evaporazione dell'acqua stessa. La maggiore quantità di vapore acqueo generato, provoca un maggior assorbimento di energia termica contribuendo all'estinzione del fuoco prodotta dallo spostamento dell'ossigeno. Il risultato è che la combustione, in queste condizioni, non può avvenire ed il fuoco tende allo spegnimento⁴⁸.

Solo negli ultimi anni questa tecnologia è stata studiata per utilizzarla con successo prima in ambito navale e poi in ambito edile. I sistemi water-mist oggi utilizzano gas ad alta pressione quale fluido vettore dell'acqua e la nebulizzazione avviene all'interno di ugelli erogatori, attivati dalla rottura di

⁴⁸ scheda tecnica *Water Mist*, Mozzanica & Mozzanica srl, tecniche e sistemi antincendio

un'ampolla come per gli sprinkler. Il sistema water-mist utilizza un quantitativo molto limitato di acqua, circa 0,1 litri per ogni metro cubo di volume da proteggere, il getto non produce danni alle persone intente ad evacuare i locali, è idoneo per proteggere sia attività di grandi superfici, estinzione procurata dall'acqua, che piccole attività con all'interno anche centri di elaborazione dati ed apparecchiature di telecomunicazione, estinzione provocata dal gas vettore.

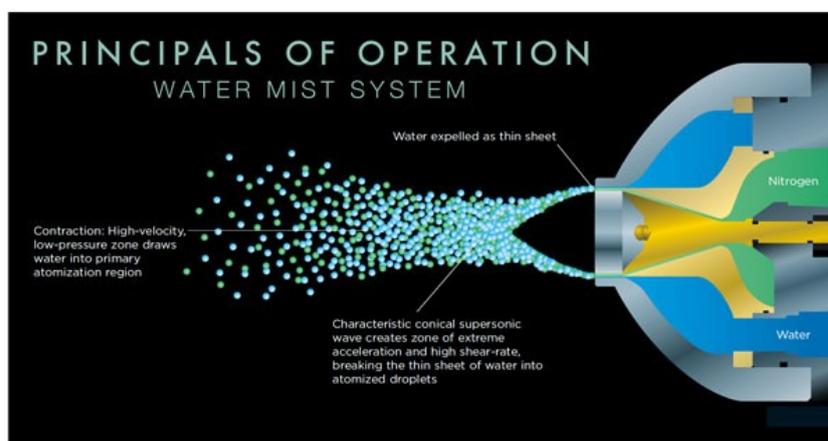
La modesta quantità di acqua utilizzata con questo sistema riduce notevolmente i danni agli arredi e alle attrezzature presenti negli ambienti, ma in ambienti con piccoli incendi nascosti, dove la nebbia prodotta fatica ad arrivare, potrebbe aversi estinzione non completa. Gli impianti ad acqua nebulizzata, grazie al ridotto diametro delle tubazioni e alle dimensioni dei serbatoi d'acqua, stanno avendo un notevole sviluppo, mostrandosi particolarmente indicati per la protezione di edifici destinati a musei, archivi ed alberghi. Con i sistemi tradizionali, a partire dagli idranti fino agli sprinkler, l'acqua viene impiegata con un'efficienza dell'ordine di qualche punto percentuale. Infatti, se dovessimo considerare in percentuale, l'efficienza dell'utilizzo dell'acqua, con un idrante si raggiungerebbe l'aliquota del 3% con il 97% dell'acqua inefficiente, ed addirittura in grado di provocare danni aggiuntivi. Con il sistema Water Mist si raggiunge l'efficienza del 40-60 %, con il 60-40 % dell'acqua che si perde senza effettuare alcuna azione ai fini antincendi.

Il sistema Water Mist pone un limite superiore alla dimensione delle gocce d'acqua prodotte che deve essere pari al valore medio pesato della dimensione delle gocce stesse. In effetti all'interno dell'area di dimensione delle gocce, che consente di classificare un sistema come Water Mist, e quindi con gocce sostanzialmente tutte inferiori a 1.000 μm , esiste una ulteriore distinzione fra sistemi di classe I, II o III caratterizzati a loro volta da una dimensione delle gocce rispettivamente inferiori a 200, 400 e 1.000 μm . I sistemi Water Mist di classe I sono quelli più efficaci nell'incendi di classe B, ovvero fuochi di materiali che necessitano un azione di soffocamento, mentre i sistemi a gocce più grandi, di classe III, sono capaci di controllare i fuochi di classe A, fuochi di materie solide, generalmente di natura organica, essenzialmente per l'effetto bagnante che risulta più efficace con l'aumentare delle dimensioni delle gocce.

La relazione fra dimensione delle gocce e capacità di controllo dell'incendio, non è così semplice, in quanto molti altri fattori influenzano l'efficacia del controllo, non ultime le caratteristiche dell'ambiente, il tempo e le modalità di intervento.

Sono disponibili due tipi di sistema, il primo opera tramite bombole, mentre il secondo tramite pompe ad alta pressione, e gli ugelli nebulizzatori possono essere aperti o chiusi tramite bulbo termosensibile. Si riportano di seguito le caratteristiche:

- sistema a bombole: normalmente usato per quantità stoccate d'acqua inferiore agli 850 litri, è formato da bombole da 80 Lt di capacità, alcune contengono acqua altre solo azoto a 200 bar con la funzione di propellente per portare l'acqua agli ugelli nebulizzatori. Gli ugelli per questa tipologia di sistema sono generalmente del tipo aperto e la finalità è quella di *estinzione*.



Il principio di funzionamento del sistema a bombole acqua/azoto

- sistema con pompe: l'unità di pompaggio è collegata ad una riserva idrica di capacità crescente fino ad un massimo di 3.000 litri, la portata delle pompe varia a seconda del livello di protezione da 32 a 220 litri/ min. Gli erogatori sono tutti in acciaio inox con portate dai 1,2 ai 48 lt/min a seconda del rischio protetto e possono essere del tipo aperto o del tipo chiuso tramite bulbo termosensibile. La

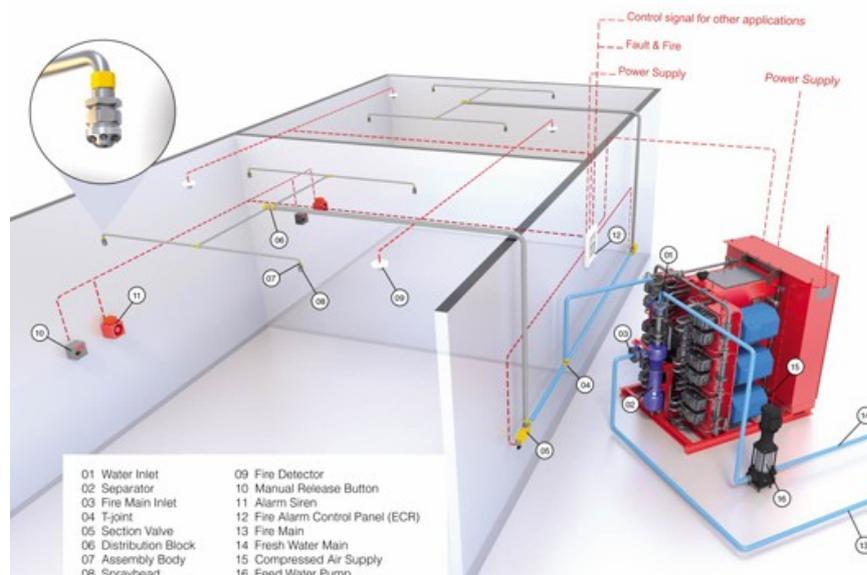
finalità del sistema con pompe è generalmente quella di *suppressione o controllo*.



Pompe volumetriche abbinata a motori elettrici o diesel

Il funzionamento del sistema ad acqua nebulizzata dipenderà da come è configurato. Ci sono due tipi di configurazioni a seconda del tipo di ugelli selezionati:

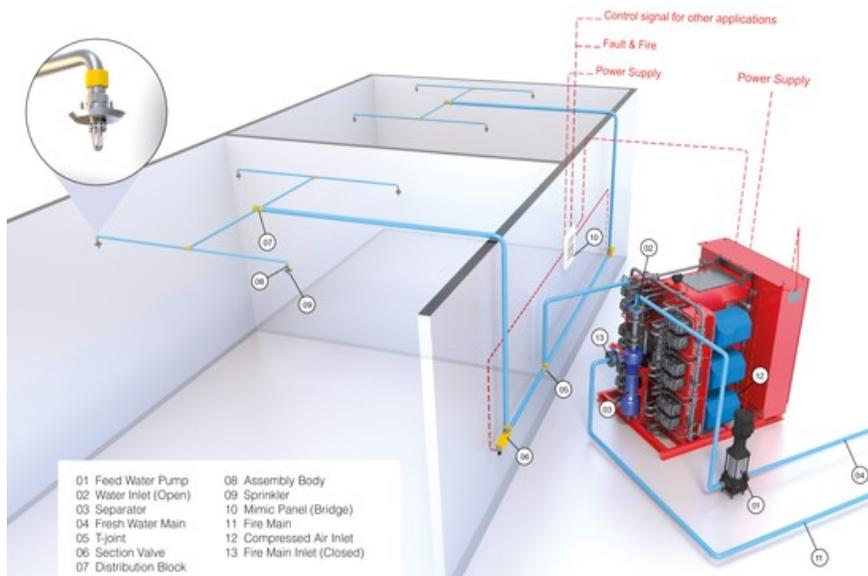
- sistema a diluvio con ugelli aperti: in questo caso le tubazioni sono vuote e il sistema viene attivato elettronicamente, al consenso della rivelazione corrisponde l'apertura di una valvola che consentirà il passaggio dell'acqua nella rete di distribuzione per poi essere frazionata in micro gocce dall'ugello nebulizzatore;



Sistema impiantistico a diluvio

- sistemi ad umido con ugelli chiusi: questi sistemi non necessitano di una rivelazione elettronica, il funzionamento del sistema è demandato all'elemento termosensibile montato sull'ugello nebulizzatore. In questi sistemi l'acqua è in pressione nelle tubazioni tra i 25 e i 30 bar. Lo scarico dell'acqua è impedito perché gli ugelli sono sigillati da un bulbo tarato ad una specifica temperatura. Quando si verifica un incendio, la temperatura aumenta provocando lo scoppio del bulbo termico e la conseguente fuoriuscita dell'acqua nebulizzata dall'ugello nebulizzatore⁴⁹.

⁴⁹ *Water Mist protezione antincendio*, Marioff.com



Sistema impiantistico *ad umido*

In relazione al tipo di configurazione da adottare per il sistema di spegnimento, si distinguono due tipi di ugelli:

- di tipo aperto: la particolarità è concentrata nel dimensionamento e nella realizzazione degli ugelli finalizzati a generare una nebulizzazione ottimizzata dell'acqua durante l'erogazione. Per nebulizzazione ottimizzata si intende che, la dimensione e la velocità delle gocce d'acqua saranno tali da raggiungere rapidamente l'incendio assorbendone completamente e velocemente l'energia termica prodotta nella combustione. Viene utilizzata negli impianti di tipo “a diluvio”, per la protezione localizzata in vari rischi; l'impianto è sviluppato utilizzando valvole di sezionamento per convogliare il fluido nelle varie zone da proteggere come: vani motore in ambito civile e militare, applicazioni speciali come protezione di camere iperbariche;



Uggetto di tipo aperto, *spray head*

- di tipo chiuso: ad apertura automatica mediante molla a memoria di forma che al raggiungimento di una determinata temperatura, attiva l'erogazione dell'acqua ad alta pressione. Le forature all'estremità della testina sono dimensionate per generare la nebulizzazione ottimale dell'acqua. Viene utilizzata negli impianti "ad umido" per la protezione degli ambienti (cabine di navi, spazi pubblici, uffici). L'innovazione risiede nel sistema di attuazione automa.

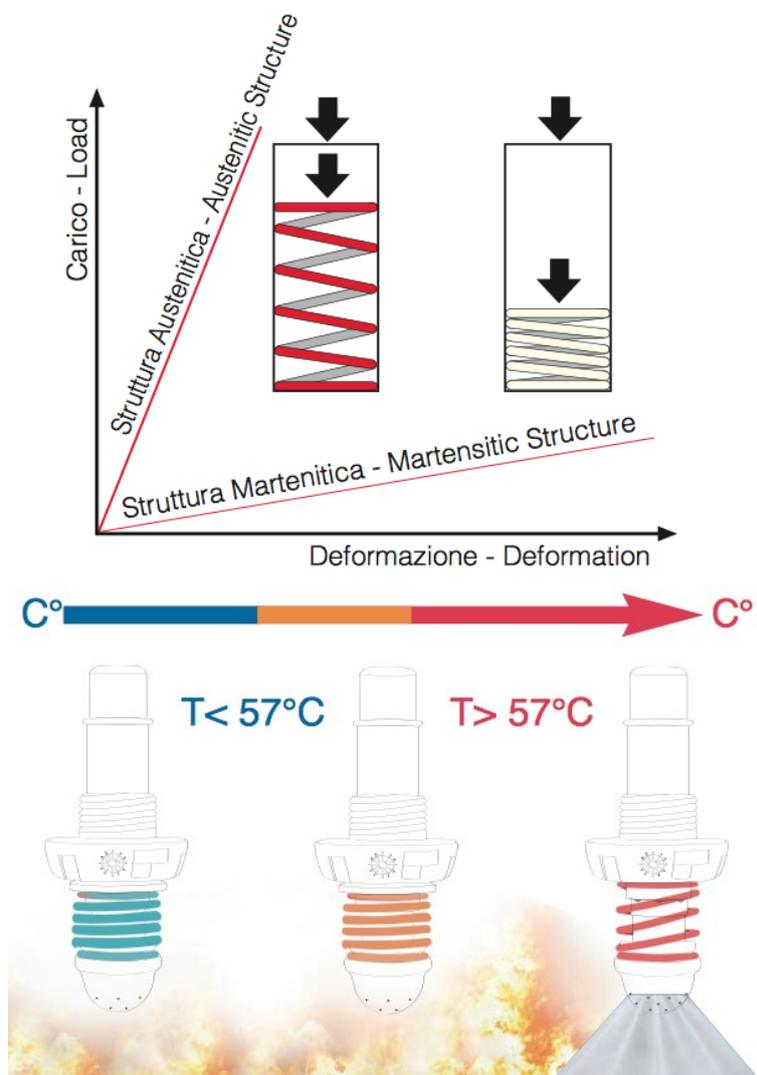


Erogatori *sprinkler* per impianti automatici antincendio nelle versioni *pendent*, *upright* e *sidewall*

La funzione sinora svolta dai bulbi di vetro o da componenti termosensibili, viene affidata ad una molla realizzata in lega Nichel-Titanio a memoria di forma dove:

- a bassa temperatura il materiale presenta una struttura interna di tipo martensitico, possiede basso limite di snervamento ed è facilmente deformabile, per cui la molla, anche se completamente compressa, non esercita alcuna forza;
- quando per effetto dell'incendio viene riscaldata, la lega assume una nuova struttura interna, di tipo austenitico, con migliori proprietà meccaniche, riportandosi alla forma originaria. Durante la trasformazione di fase, la forza esercitata dalla molla raggiunge l'intensità necessaria per attivare il meccanismo di apertura della testina. La molla in lega a memoria di forma (*Shape Memory Alloys*, a memoria metallica) "mantiene la memoria" della sua forma a freddo, riacquisendola quando viene surriscaldata. Questa

caratteristica, unita all'effetto superelastico delle LMF, ne ha diffuso l'uso in ambito industriale e meccanico⁵⁰.



La superelasticità nel passaggio dalla fase martensitica a quella austenitica, l'allungamento e l'apertura dovuti al calore dell'incendio

⁵⁰ scheda tecnica *HPN Nebula*, sistema anticendio ad acqua nebulizzata, Ciodue Acqua

L'estinzione con il sistema Water Mist si ha per effetto del raffreddamento per evaporazione, dell'inertizzazione e del bloccaggio della trasmissione di calore radiante. Il raffreddamento per evaporazione procura un ulteriore risvolto positivo, in quanto l'acqua, vaporizzando, si utilizza anche come agente inertizzante per cui, non solo sottrae calore all'incendio, ma localmente, dove l'acqua vaporizza, inertizza l'ambiente e proprio ove c'è maggior calore, c'è maggiore vaporizzazione.

Oltre a questi effetti, fra loro combinati, vi è il bloccaggio della trasmissione di calore radiante, forse meno evidente, ma altrettanto importante in quanto le gocce d'acqua piccole, meglio delle grandi, hanno un effetto bloccante verso la trasmissione di calore radiante. L'incendio ha una fase di sviluppo in crescita dovuta al fatto che quando ancora non brucia, irradiato dal calore, si predispone alla combustione e quando viene innescato brucia molto rapidamente. Questo effetto, tipicamente amplificante in presenza di grandi quantità di materiali combustibili, provoca un grande incendio. Bloccando l'effetto di calore radiante, si riduce la velocità di propagazione dell'incendio. I sistemi Water Mist sono gli unici in grado di combinare insieme questi tre effetti in un fenomeno unico che costituisce la modalità di spegnimento con cui operano.

La nebulizzazione dell'acqua in microgocce esercita sul fuoco un'azione di spegnimento che risulta dalla combinazione di tre effetti principali:

- azione di raffreddamento: le particelle di acqua per effetto delle loro dimensioni sono soggette ad una rapida evaporazione con la conseguente sottrazione di un'elevata quantità di energia termica;
- azione di inertizzazione: il vapore acqueo, generato dall'evaporazione dell'acqua per effetto delle elevate temperature associate al fuoco ed ai suoi fumi, si comporta come un vero e proprio gas inerte che, occupando un volume centinaia di volte superiore a quello dell'acqua di spegnimento, partecipa al controllo ed alla soppressione dell'incendio;
- azione di schermatura: le particelle d'acqua nebulizzata, essendo in grado di assorbire l'energia radiante sprigionata dal fuoco, riducono sensibilmente la probabilità che i materiali ubicati nelle vicinanze della fiamma raggiungano la loro temperatura di innesco,

partecipando all'incendio pur non essendo direttamente investiti dalla stessa.

4.2.2 *La protezione contro le scariche atmosferiche*

Le sovratensioni rappresentano la principale causa di guasto delle apparecchiature elettroniche e di interruzione dell'attività produttiva. Le più pericolose sono causate da fulminazioni dirette, manovre elettriche sulla rete di distribuzione ed interferenze parassite.

Tutti i settori dall'industria al turismo, fanno affidamento sui propri sistemi informatici, sui sistemi di automazione e controllo e sulla rete di distribuzione dell'energia elettrica. Un guasto ad uno di questi sistemi, originato da una sovratensione, può avere conseguenze catastrofiche. Perdita di operatività, perdita di servizio, perdita di dati, perdita di produttività comportano spesso costi enormi, di gran lunga superiori rispetto al costo delle apparecchiature.

La protezione dalle sovratensioni rappresenta un fattore di importanza fondamentale poiché fornisce il primo livello di difesa, al punto di ingresso dell'alimentazione elettrica, per tutte le apparecchiature elettriche e per le linee di trasmissione dati.

In tal senso, è opportuno sottolineare le seguenti tendenze:

- incidenze e danni da sovratensione sono di importanza fondamentale in un mondo che si affida in maniera considerevole alle reti di distribuzione elettrica ed ai sistemi informatici;
- con il processo di miniaturizzazione dei circuiti e dei componenti, le moderne apparecchiature sono soggette più che in passato ad essere danneggiate dalle sovratensioni;
- nelle città molto popolate, gli effetti indotti dalle scariche elettriche da fulminazione sono devastanti, in quanto si possono propagare per diversi chilometri.

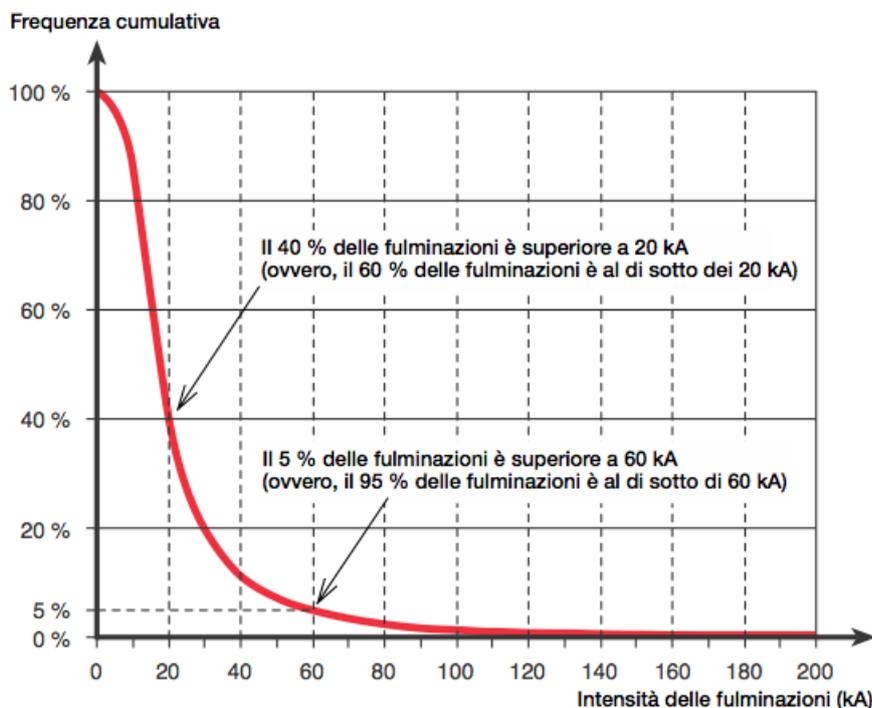
4.2.2.1 *Sovratensioni da fulmine*

Dal punto di vista delle sovratensioni, la fulminazione diretta comporta il rischio più elevato. La sollecitazione causata da un fulmine sulla rete rappresenta quasi sempre il parametro più importante ai fini della selezione

dell'SPD (*Surge Protective Device* – dispositivo di protezione dalle sovratensioni).

L'Istituto francese Meteorage⁵¹ ha condotto misurazioni di intensità su più di 5,4 milioni di fulmini in Francia nell'arco del decennio 1995-2004. La curva seguente riassume la frequenza cumulativa delle fulminazioni rispetto alla loro intensità secondo quanto emerso da questa campagna di misurazione di vasta portata:

- l' 1,27 % delle fulminazioni è superiore a 100 kA;
- lo 0,33 % delle fulminazioni è superiore a 150 kA;
- lo 0,1 % delle fulminazioni è superiore a 200 kA;
- lo 0,03 % delle fulminazioni è superiore a 250 kA.



Frekuensi cumulativa delle fulminazioni – positive e negative – rispetto alla loro intensità

⁵¹ cfr. *meteorage.it*

Queste misurazioni sono state condotte in Francia, tuttavia l'intensità dei fulmini non è correlata alla posizione geografica, e risultati analoghi si otterrebbero svolgendo un'analisi in altri Paesi. Ciò che invece caratterizza in modo specifico ogni area geografica è il valore N_g .

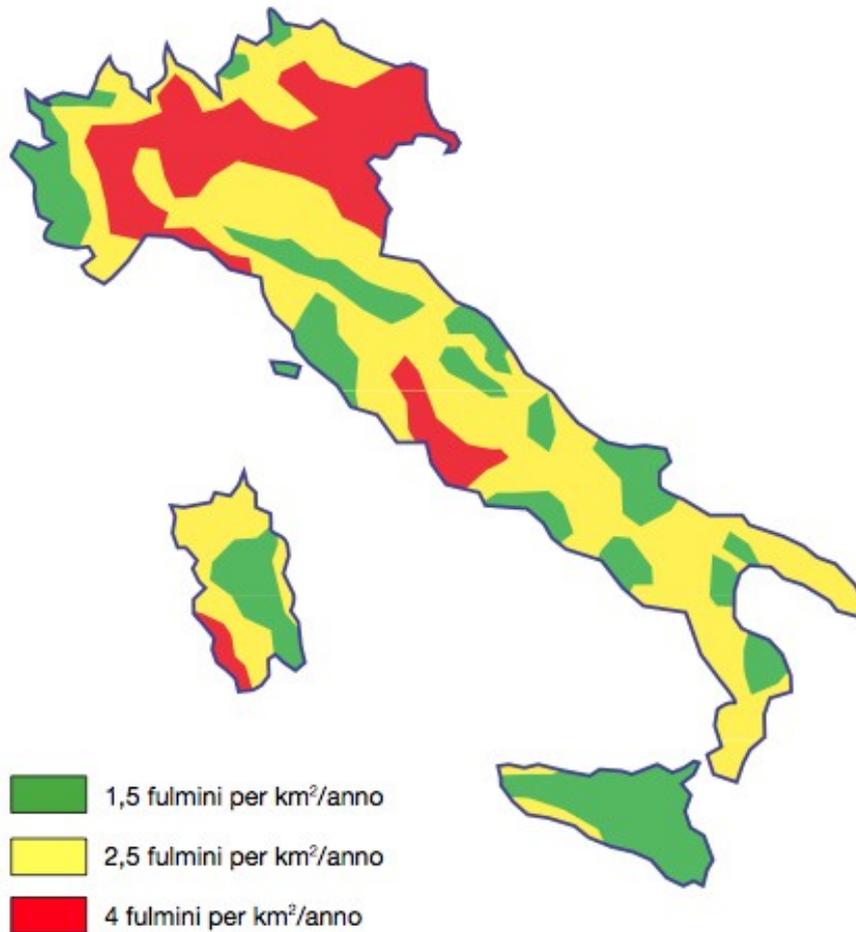
In ogni istante sulla Terra sono in corso tra 2000 e 5000 temporali. A livello locale, la stima del rischio di fulminazione è realizzata con l'ausilio delle cartine di N_g .

N_g rappresenta la densità di scariche elettriche da fulminazione per area geografica ed è ottenuto sperimentalmente (rilevando il numero di fulmini all'anno per chilometro quadrato). Se N_g non è disponibile, questo valore può essere stimato facendo ricorso alla formula seguente:

$$N_g \approx 0,1 T_d$$

dove T_d rappresenta i giorni di temporale all'anno (valore che può essere ottenuto dalle cartine isocherauniche).

La norma CEI 81-3 fornisce il valore di N_g per tutti i comuni d'Italia.



La densità di scariche elettriche in Italia

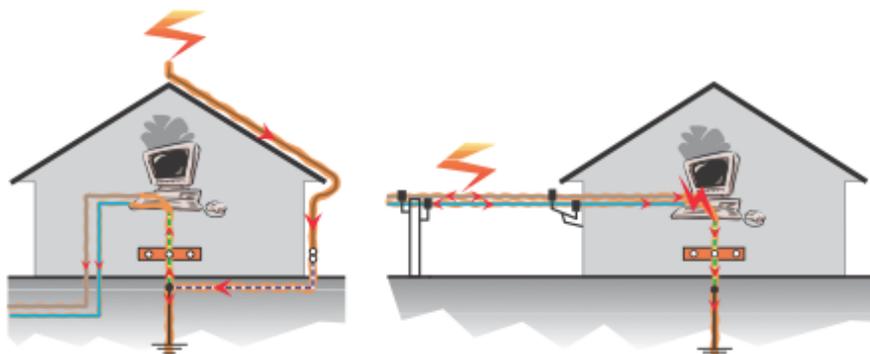
4.2.2.2 *Origine delle sovratensioni transitorie*

Si tratta di un fenomeno naturale di grande portata. I fulmini rilasciano una potenza che può raggiungere diverse centinaia di gigawatt e possono avere un effetto distruttivo o perturbatore su impianti elettrici situati a diversi chilometri di distanza dal punto in cui si manifestano.

Le scariche atmosferiche possono determinare diversi fenomeni in un impianto elettrico riconducibili a fulminazione diretta o indiretta.

Fulminazione diretta:

- Fulminazione diretta dei sistemi esterni di protezione da scariche atmosferiche (LPS) o di parti conduttrici esterne collegate a terra (antenne, condutture metalliche...). Accoppiamento galvanico. La resistenza del sistema di messa a terra, nel disperdere la corrente del fulmine, provoca un aumento della tensione del conduttore di protezione di terra (PE) fino a diverse migliaia di volt (effetto ohmico). D'altra parte, il potenziale dei conduttori attivi rimane 230 V per le fasi e zero per il neutro (potenziale remoto del trasformatore). Le apparecchiature elettriche collegate tra la rete di alimentazione e la terra perdono isolamento e vi fluisce parte della corrente del fulmine.
- Fulminazione diretta delle linee aeree. Accoppiamento conduttivo. L'elevata quantità di energia che entra direttamente nell'impianto distrugge le apparecchiature elettriche o elettroniche collegate alla rete di alimentazione.



Fulminazione diretta sul sistema esterno di protezione contro le scariche o sulla linea aerea

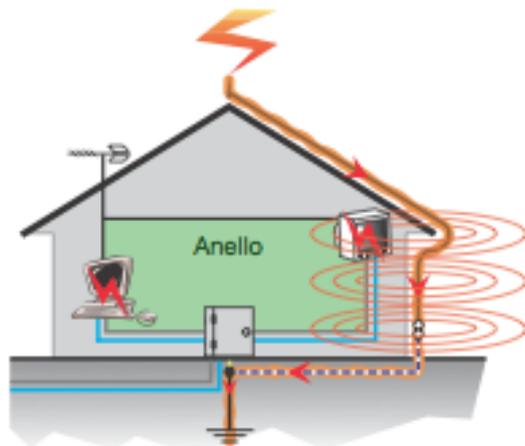
Fulminazione indiretta:

Accoppiamento induttivo.

Il campo elettromagnetico creato dal fulmine genera una sovratensione in ogni anello dell'impianto (effetto trasformatore/accoppiamento elettromagnetico).

Le linee aeree presentano anelli in quanto il neutro o il PE sono collegati ripetutamente a terra (ogni due o più pali). Le scariche atmosferiche nelle vicinanze delle linee aeree generano una sovratensione in queste linee.

Anche i fulmini che colpiscono il sistema esterno di protezione contro le scariche atmosferiche di un edificio (LPS) generano una sovratensione negli anelli formati dai cavi⁵².



Accoppiamento induttivo

4.2.2.3 *Il quadro normativo*

L'analisi del rischio ai sensi della IEC 62305 (in Italia CEI 81-10) garantisce, secondo la legislazione italiana 46/90, il rispetto della regola dell'arte.

La normativa internazionale IEC 62305, in vigore da aprile 2006, fornisce tutti gli elementi per la valutazione del rischio a cui una struttura è soggetta e per la selezione delle misure idonee alla protezione contro i fulmini degli edifici, degli impianti, delle persone al loro interno e dei servizi connessi agli edifici stessi.

Il processo inizia con l'analisi della struttura da proteggere: tipologia e dimensioni dell'edificio, destinazione d'uso, numero e tipologia dei servizi

⁵² scheda tecnica *Scaricatori di sovratensioni serie OVR*, ABB Sace Spa

entranti, caratteristiche dell'ambiente circostante e fattori meteorologici. Si definiscono, quindi, le perdite che la struttura può subire, facendo riferimento a quattro diversi tipi di perdita:

- perdita L1 – perdita di vite umane: numero di morti all'anno, riferito al numero totale di persone esposte al rischio;
- perdita L2 – perdita di servizi pubblici essenziali: prodotto del numero di utenti non serviti per la durata annua del disservizio, riferito al numero totale di utenti serviti all'anno;
- perdita L3 – perdita di patrimonio culturale insostituibile: valore annuo dei beni perduti, riferito al valore totale dei beni esposti al rischio;
- perdita L4 – perdita di valore puramente economico: la valutazione del danno tollerabile è un puro confronto costi – benefici.

Ad ogni tipo di perdita è, infine, associato una specifica componente di rischio R:

- R1: rischio di perdita di vite umane;
- R2: rischio di perdita di servizi pubblici essenziali;
- R3: rischio di perdita di patrimonio culturale;
- R4: rischio di perdita economica.

Per ognuna delle prime tre componenti di rischio, è definito un livello massimo di rischio tollerabile RT: se il rischio è maggiore di quello tollerabile, la struttura è da proteggere. Per la quarta componente di rischio la protezione è sempre facoltativa, è consigliata se il bilancio economico costi – benefici è favorevole.

Qualora l'analisi di rischio comporti la necessità di proteggere la struttura, la normativa fornisce, anche, i criteri di selezione di limitatori di sovratensione idonei ad abbattere le specifiche componenti di rischio.

4.2.2.4 *Il progetto*

L'impianto di protezione della struttura contro le scariche atmosferiche contribuisce a ridurre i rischi per le persone e le cose contenute nel volume protetto in quanto nessuna precauzione e accorgimento, anche imposti dalle norme, possono garantirne l'immunità.

L'impianto esistente risale ad oltre 40 anni, e non risponde alle norme CEI più recenti. Innanzitutto bisogna osservare che la Basilica, secondo la

normativa italiana, è una struttura di tipo A perché equivalente ad un "grande museo" (> 1500 mq).

Il tipo di danno probabile è la morte di persone e la perdita di patrimonio culturale insostituibile, nonché l'innescò di incendio nei vani di copertura, in conseguenza della presenza di notevoli masse lignee. Il tetto, inoltre, è del tipo a falde inclinate, quindi per morfologia, è soggetto più probabilisticamente a folgorazioni da fulmine, rispetto ad una copertura di tipo piano.

L'impianto esistente di protezione contro la fulminazione diretta, oltre ad essere vetusto, come già detto, presenta i captatori molto distanti tra loro, e posizionati solo sulla copertura della Basilica.

Dal punto di vista delle sovratensioni, la fulminazione diretta comporta il rischio più elevato. La sollecitazione causata da un fulmine sulla rete rappresenta quasi sempre il parametro più importante ai fini della selezione dell'SPD (*Surge Protective Device* – dispositivo di protezione dalle sovratensioni).

Attesa quindi la necessità di proteggere la struttura contro la fulminazione diretta, è indispensabile adeguare l'intero impianto.

Per quanto attiene alla folgorazione indiretta (provocata cioè dai fulmini a terra che possono generare sovratensioni sugli impianti esterni o perché colpiscono le linee entranti nella struttura o le strutture da cui esse provengono, o per accoppiamento induttivo), le sovratensioni, in genere tra conduttori attivi a terra, sono trasmesse dagli impianti esterni alla struttura e possono provocare non solo danno agli impianti interni ma anche incendio (innescato da scariche pericolose fra impianti interni e masse). Per realizzare la protezione della struttura contro le sovratensioni trasmesse dalle linee entranti è necessario prevedere l'adozione di limitatori di sovratensioni sugli impianti esterni.

I dispositivi di protezione dalle sovratensioni (SPD), detti comunemente "scaricatori", sono progettati per proteggere i sistemi e le apparecchiature elettriche contro le sovratensioni transitorie e impulsive quali, ad esempio, le sovratensioni causate da fulmini e quelle causate da manovre elettriche.

La sovratensione transitoria consiste in un picco di tensione di breve durata (più breve di un millisecondo) la cui ampiezza può raggiungere decine di volte la tensione nominale di rete.

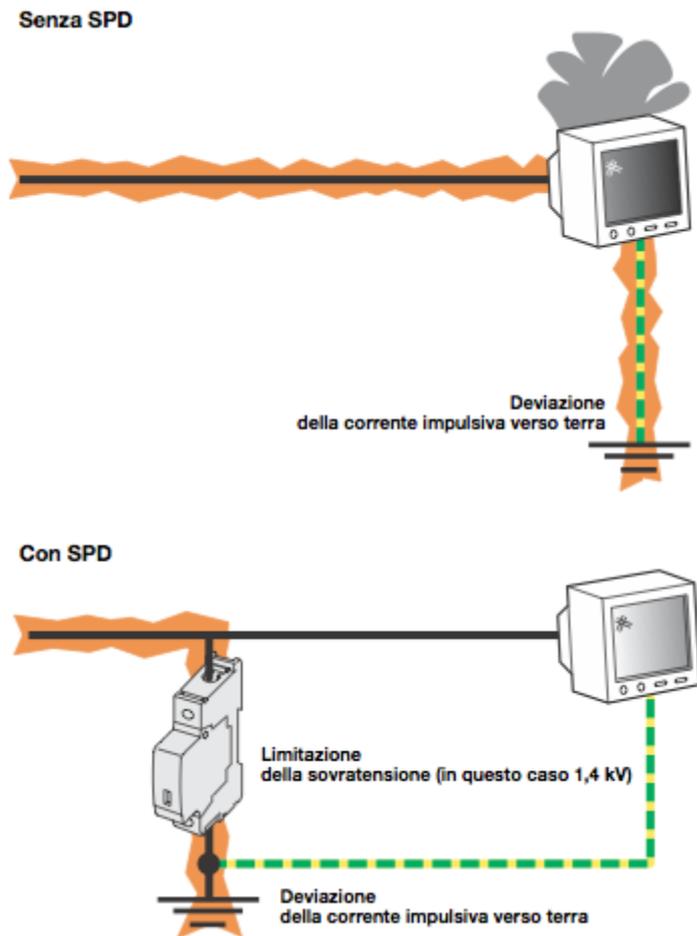
Nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, riveste notevole importanza la resistenza alla sovratensione transitoria (tenuta all'impulso), per questo motivo gli apparati sono muniti di sistemi idonei ad isolare le parti connesse alle fasi dalla terra o dal neutro. L'isolamento può variare da alcune centinaia di volt, per dispositivi elettronici sensibili, fino ad alcuni kilovolt per un motore elettrico.

Senza un SPD la sovratensione raggiunge l'apparecchiatura elettrica. Nel caso in cui la sovratensione superi la tenuta all'impulso dell'apparecchio elettrico, l'isolamento dell'apparecchiatura viene meno e la corrente impulsiva si propaga liberamente attraverso l'apparecchiatura.

L'SPD limita la sovratensione impulsiva e devia in maniera non pericolosa l'impulso di corrente, perciò l'SPD stabilisce un collegamento equipotenziale tra fase e terra.

Ogni scaricatore di sovratensioni contiene almeno un componente non lineare (quale un varistore o uno spinterometro):

- Durante il funzionamento normale (cioè in assenza di sovratensioni), lo scaricatore non ha alcuna influenza sul sistema al quale è applicato. L'SPD agisce come un circuito aperto e mantiene l'isolamento tra il conduttore attivo e la terra.
- Quando si verifica una sovratensione lo scaricatore di sovratensioni riduce la sua impedenza in alcuni nanosecondi e devia verso terra la corrente impulsiva. L'SPD si comporta come un circuito chiuso, la sovratensione viene cortocircuitata e limitata ad un valore ammissibile per l'apparecchiatura elettrica situata a valle.
- Una volta cessata la sovratensione impulsiva, l'SPD recupera la sua impedenza originaria e torna alla condizione di circuito aperto.



Deviazione della corrente verso terra con e senza dispositivo di protezione dalle sovratensioni

Dopo avere definito le caratteristiche dello scaricatore di sovratensioni all'ingresso, può essere necessario completare la protezione con uno o più scaricatori di sovratensioni addizionali. Lo scaricatore di sovratensioni all'ingresso può non essere sufficiente a garantire una protezione efficace per l'intero impianto. Se la lunghezza del cavo supera i 10 m, alcuni fenomeni elettromagnetici possono raddoppiare la tensione residua dell'SPD installato a monte. Gli scaricatori di sovratensioni devono essere coordinati al momento dell'installazione, ovvero tutti gli aggiuntivi sono collegati al principale con i cavi giallo-verde di messa a terra, da qui si dirama lo scarico verso il terreno.

Si riporta di seguito la descrizione dell'impianto di messa a terra in tutte le sue parti:

Protezione dai contatti diretti e indiretti

La protezione dai contatti diretti viene assicurata dall'isolamento dei componenti che verranno scelti solo se riportanti il marchio IMQ, caratteristica che ne assicura, tra l'altro, la corrispondenza dell'isolamento alle relative norme. La protezione dai contatti indiretti verrà effettuata mediante realizzazione dell'impianto di messa a terra opportunamente coordinato con le protezioni elettriche installate.

Dispersori naturali ed artificiali

Si predispongono una serie di pozzetti ispezionabili nei quali saranno allocati i dispersori, con sezione a croce, in acciaio zincato della lunghezza di 1.5 m, infissi nel terreno ad una profondità di 0.7 m dal piano. I vari dispersori, se necessario, saranno tra loro collegati con corda di rame nuda (sezione 35 mm², 7 fili, filo elementare $\phi=1.8$ mm.). Al dispersore è collegato il conduttore di terra di sezione di 16 mm² isolato in PVC, il collegamento deve essere eseguito con saldatura forte o alluminotermica oppure con bullone e capocorda stagnato, per limitare la corrosione localizzata delle superfici di contatto delle giunzioni. Il conduttore di terra non deve essere a contatto diretto con il terreno, non deve seguire percorsi tortuosi, va protetto, all'uscita dal pavimento, con tubazione in PVC per almeno 0.30 m, giunge al collettore principale di terra, allocato in posizione adeguata, per le manovre necessarie in caso di verifica, nei pressi del dispersore.

Collettore principale di terra

L'impianto di terra prevede un collettore principale di terra. Dal collettore principale di terra, costituito da una sbarra di acciaio zincato a caldo o in acciaio inox provvista di morsetti e bulloni per fissare i capicorda dei conduttori, parte il conduttore di protezione principale (sezione 16 mm² isolato in PVC, colore giallo-verde) ed il conduttore equipotenziale principale (sezione 16 mm² isolato in PVC, colore giallo-verde).

Il conduttore di protezione principale, raggiunge, qualora esigenze di installazione lo rendessero necessario, il collettore secondario di terra,

costituito da una sbarra analoga al collettore principale, opportunamente ubicato ed installato all'interno di una scatola in PVC con grado di protezione IP2X.

Il conduttore equipotenziale principale collega le tubazioni metalliche entranti nell'edificio, acqua e gas, all'impianto di terra.

Conduttori di protezione

I conduttori di protezione PE, isolati in PVC e di colore giallo-verde, partono radialmente dal collettore secondario di terra e seguono il percorso dei conduttori di fase dell'intero impianto elettrico, per raggiungere tutti gli apparecchi utilizzatori presenti. Le sezioni del cavo PE devono essere maggiori o uguali a quelle dei relativi conduttori di fase, in ogni caso la sezione non deve essere inferiore a 1.5 mm^2 .

Collegamenti equipotenziali secondari

Si definisce massa una parte conduttrice di un componente dell'impianto elettrico che può essere toccata, che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto; una parte conduttrice che può andare in tensione solo perchè è in contatto con una massa non è da considerare una massa. Si definisce massa estranea una parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico in grado di introdurre un potenziale.

Non sono da considerarsi masse estranee quei corpi metallici che non introducono potenziali di terra nell'area dell'impianto elettrico, ad esempio reti idriche con giunti isolanti, telai e ante di porte e finestre.

La funzione dei collegamenti equipotenziali secondari, è quella di assicurare l'equipotenzialità delle masse tra di loro e delle masse estranee. A tale scopo, occorre collegare tutte le masse estranee ad un conduttore equipotenziale, distinto dal conduttore di terra, e facente capo al nodo collettore di terra di sezione $S_{eq}=6 \text{ mm}^2$.

Nei locali bagno e wc, tutte le masse estranee saranno collegate al conduttore di protezione mediante un conduttore equipotenziale supplementare di sezione $S_{eq}=4 \text{ mm}^2$.

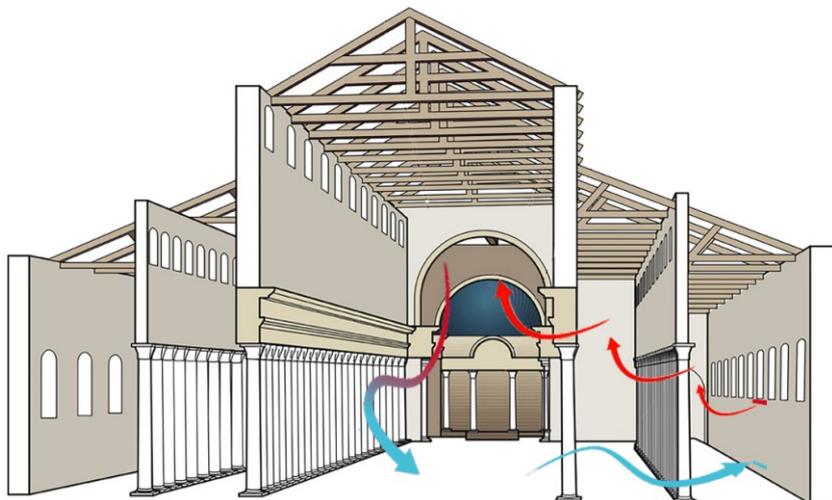
4.2.3 L'impianto termico

4.2.3.1 Lo stato di fatto: l'impianto di riscaldamento ad aria calda

L'impianto termico, utilizzato anche per il riscaldamento della basilica, è un impianto ad aria, indiretto, che utilizza combustibile liquido, la cui gestione risulta essere molto onerosa.

L'aria calda, riscaldata dalla centrale termica, per mezzo di un condotto e di bocche di mandata poste ad una quota di circa m. 6 dal pavimento, viene immessa nelle navate secondarie della basilica, per poi venire espulsa mediante bocche a pavimento, ubicate proprio in corrispondenza di quelle di mandata, e riconvogliata in centrale per mezzo di un condotto di ritorno; ciò rende la navata principale completamente priva di riscaldamento.

Questo sistema di riscaldamento per la basilica è praticamente inefficace. Infatti, l'aria calda immessa dall'alto si miscela con quella a temperatura più bassa dell'ambiente confinato e, quindi, dovrebbe raggiungere gli strati frequentati dagli utenti ad una temperatura di circa 20 °C. Ciò si traduce nel dover portare l'aria in entrata ad una temperatura non minore di 24 ± 26 °C. L'aria calda entrante, per effetto del gradiente termico, cercherà di portarsi verso gli strati alti del volume della basilica. Inoltre, poiché la velocità dell'aria entrante in prossimità delle bocchette non dovrebbe superare 1 m/sec. e nell'ambiente confinato gli 0,15 m/sec., i volumi d'aria interessati dai benefici dell'impianto saranno solo quelli molto prossimi alla parete su cui sono installate le bocche di immissione. Infine, la presenza delle bocche di espulsione prossime a quelle di immissione, finiscono col generare un corto circuito per cui l'aria calda che entra trova subito la via d'uscita senza procurare alcun beneficio termico per l'ambiente confinato.



Schema andamento flussi di aria

Il sistema, oltre a presentare problematiche legate al comfort termico degli utenti, provoca danni alla costruzione, alle opere, al cossettonato ligneo.

I problemi di un sistema di riscaldamento ad aria calda sono del tipo: fessurazioni del cassettonato a causa dell'aria secca e surriscaldata che vi si stratifica, annerimento delle superfici a causa dei moti convettivi amplificati dall'aumento della velocità di emissione utilizzato per contrastare la stratificazione, danni agli affreschi causati dall'umidificazione utilizzata per prevenire danni alle tele, condensazione su pareti e soffitti dell'umidità introdotta per contrastare la fessurazione di arredi e manufatti lignei, danni alla muratura per ripetuti scioglimenti e cristallizzazioni di sali, annerimenti per deposizioni di inquinanti.

Infine, ci si ritrova con lo svantaggio di usare solo una minima parte dell'energia per riscaldare le persone e, spesso, con una scarsa efficacia dovuta alla stratificazione.

4.2.3.2 *Analisi progettuale del riscaldamento della Basilica*

L'individuazione della tipologia di impianto da adottare ha tenuto conto dei risultati dello studio comparato dei sistemi di riscaldamento delle chiese,

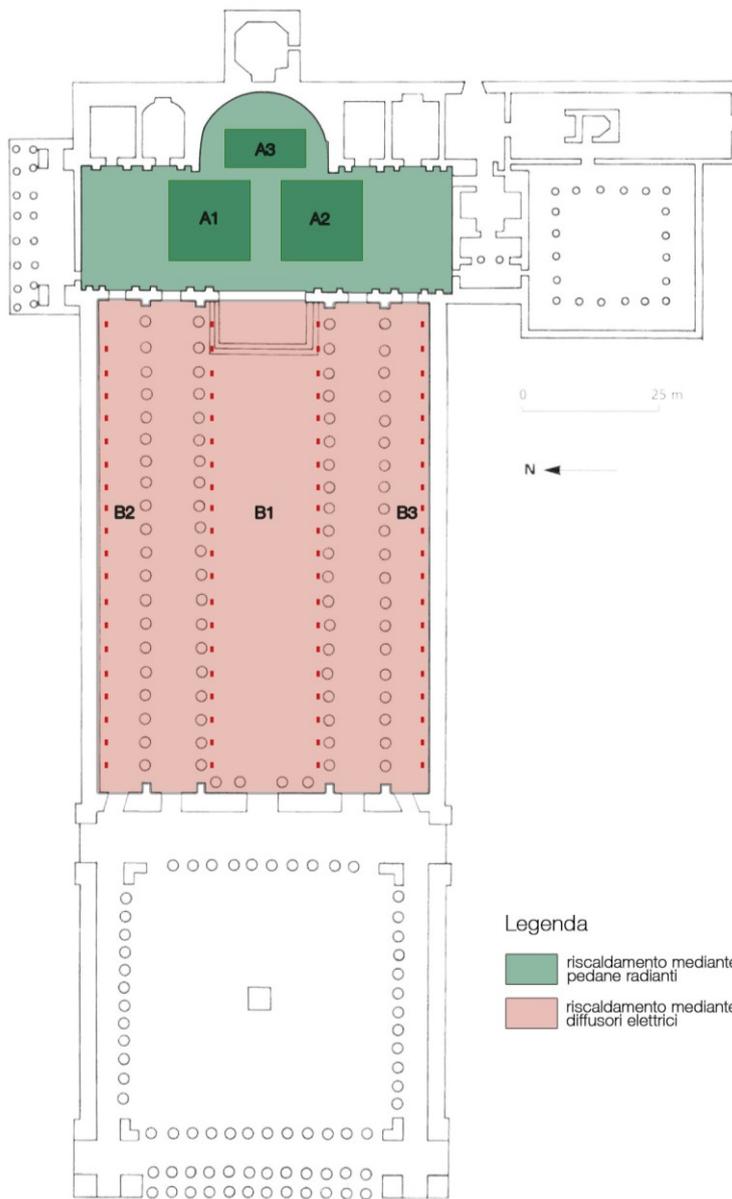
realizzato nell'ambito del progetto europeo Friendly-Heating (EVK4-CT-2001-00067)⁵³.

Il progetto del sistema di riscaldamento della Basilica di San Paolo fuori le mura, parte dall'individuazione di due spazi distinti per locazione e destinazione d'uso: le navate ed il transetto. La navata principale e le annesse laterali, fungono da zona di transito per i fedeli, dove possono ammirare le bellezze degli elementi architettonici, come bassorilievi e lesene, oltre che il cassettonato ligneo di copertura, senza essere in una condizione statica.

Sia dal punto di vista architettonico che liturgico, le navate, quando si tratta di una basilica seconda per importanza e dimensioni solo a S. Pietro, accompagnano il fedele verso il presbiterio, spazio dedicato al clero officiante ed alle funzioni sacre. In San Paolo fuori le mura, inoltre, sullo sfondo della scena architettonica, in posizione opposta rispetto agli ingressi principali, vi sono due autentiche opere d'arte: il tabernacolo di *Arnolfo di Cambio* al centro del transetto, l'arco di *Galla Placidia* nell'abside.

Per tali considerazioni, non si può trattare in maniera omogenea ed uniforme il tema del riscaldamento nella chiesa, ma prevedere due sistemi che alimentano zone diverse: riscaldando ad irraggiamento mediante diffusori elettrici con funzionamento intermittente per le navate, pedane riscaldanti per gli spazi con funzioni liturgiche.

⁵³ *Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei beni culturali – Guida all'analisi dei pro e dei contro dei vari sistemi di riscaldamento*, Electa, Milano 2007



Progetto impianti di riscaldamento:

A1, A2: pedane riscaldanti banchi fedeli

A3: pedana riscaldante altare maggiore

B2, B3: riscaldamento ad irraggiamento mediante diffusori elettrici, navate laterali

B1: riscaldamento ad irraggiamento mediante diffusori elettrici, navata centrale

4.2.3.2.1 *L'impianto di riscaldamento ad irraggiamento*

L'irraggiamento termico è la proprietà che consente a due corpi che si trovano a temperature diverse di trasmettere calore dal più caldo al più freddo senza un collegamento fisico, ma attraverso il vuoto. La quantità di energia emessa, regolata da una legge fisica detta di Stefan-Boltzmann, dipende dalla temperatura e dalla natura della superficie emittente. In sostanza, un corpo a temperatura elevata emette energia sotto forma di onde elettromagnetiche che viene naturalmente convogliata verso un corpo che si trovi ad una temperatura inferiore. In un edificio di culto, quindi, un sistema ad irraggiamento permette di riscaldare gli spazi liturgici frequentati dall'utenza attraverso l'energia termica emessa dalla fonte elettromagnetica.

Il principio che regola il riscaldamento ad infrarossi è molto semplice. L'elemento di resistenza elettrica posto all'interno del corpo radiante, si riscalda per mezzo della corrente elettrica e, successivamente, viene riscaldata la superficie della piastra anteriore tramite la quale si crea la lunghezza d'onda di energia in infrarosso (7-10 μm). Questa energia, una volta entrata in contatto con qualsiasi corpo, si trasforma in calore andando a riscaldare qualsiasi superficie.

La differenza rispetto agli impianti ad aria calda, consiste che questi ultimi, infatti, scaldano l'aria e l'aria a sua volta scalda l'ambiente circostante con un dispendio di energia. Il riscaldamento ad infrarossi, invece, elimina un passaggio in quanto i raggi riscaldano direttamente le persone e gli oggetti senza riscaldare l'aria.

Il calore prodotto dai raggi infrarossi, come il calore del sole, ha effetti estremamente positivi sulla temperatura ambientale e sulla salute. I vantaggi sono molteplici in quanto l'impianto non crea nessun moto d'aria, non produce polvere, non determina la formazione di muffe, non produce aria secca, non rilascia emissioni di fuliggine o CO₂ ed è assolutamente silenzioso⁵⁴.

Questo tipo di sistema presenta numerosi vantaggi, innanzitutto è poco invasivo, a differenza di un impianto a pavimento, non intacca il bene culturale, non stravolgendone superfici e rivestimenti.

L'ingombro visivo, specialmente in edifici culturali soggetti a vincolo, è minimizzato con l'adozione di sistemi con meccanismi di ritrazione a

⁵⁴ Nicola Bettio, *Riscaldamento a raggi infrarossi*, expoclima.net

scomparsa, per esempio sul cornicione, che li sottraggano alla vista quando non è richiesto il servizio di riscaldamento⁵⁵.

La sostituzione dell'impianto esistente, inoltre, permette di risolvere il grosso problema dei moti di aria e delle relative stratificazioni di polvere sulle superfici e sulle opere, che provocano annerimenti e fessurazioni.

Il sistema ad irraggiamento, rispetto a quello preesistente, garantisce semplicità e sicurezza: non richiede una centrale termica che, nella Basilica, è ubicata in un locale sotterraneo in un'area limitrofa al chiostro. La scelta progettuale, connessa alla sostituzione delle travi lignee del volume di copertura, garantisce un elevato livello di sicurezza, rimuovendo un impianto obsoleto ed installato in un'area soggetta ad elevato rischio d'incendio. La rimozione della macchina termica porta, inoltre, alla chiusura dei canali e bocche d'aria, vie preferenziali di muffe, funghi e batteri che rendono malsana l'aria stessa generando possibili problemi respiratori all'utenza. Le masse d'aria, poi, andandosi a stratificare a seconda della temperatura, provocano uno spreco di energia notevole, a differenza delle onde elettromagnetiche irradiate dalla fonte di calore.

Un altro aspetto da non sottovalutare è quello economico. I costi di installazione dell'impianto sono molto contenuti, perchè limitati ai soli moduli di riscaldamento e alla rete di distribuzione elettrica o gas. I costi di gestione sono i più bassi in assoluto, perchè gli elementi radianti si mettono in funzione solo quando serve e, in base alla localizzazione, dove serve, in funzione degli spazi liturgici utilizzati. I corpi radianti, essendo elementi di ridotte dimensioni, consentono il riscaldamento anche di zone limitate, sfruttando un raggio d'azione ridotto e focalizzato.

Nell' adottare questo sistema di riscaldamento è possibile scegliere tra due tipologie fondamentali: i sistemi alimentati da gas metano e quelli alimentati da energia elettrica. I primi presentano non pochi problemi legati alla combustione del gas: devono essere installati in alto, con adeguata ventilazione degli strati superiori e non devono trovarsi al di sotto di affreschi e opere d'arte. Ulteriore problema è rappresentato dalla rete di distribuzione di gas: condutture che dovrebbero trovare luogo nella configurazione muraria

⁵⁵ *Il riscaldamento degli edifici di culto*, informachiesa.com

dell'edificio di pregio, intervento che andrebbe a deturpare la valenza architettonica dello stesso.

Se è alimentato a gas, il sistema produce vapore acqueo aggiuntivo rispetto a quello già prodotto dalla respirazione dei fedeli, questo può condensare sulle superfici fredde se il ricambio d'aria non è efficace, inoltre produce modeste quantità di inquinanti che, a lungo andare, possono depositarsi su pareti e soffitti. Per tale motivo, è necessario un idoneo sistema di aerazione e ventilazione.

Dal punto di vista della sicurezza, anche se l'innovazione tecnologica ha portato alla realizzazione di macchine con camere di combustione a tenuta stagna sempre più sicure o caldaie a condensazione che risultano avere un rendimento termodinamico elevatissimo, sono da preferire i sistemi alimentati da corrente elettrica. I sistemi alimentati da energia elettrica comportano costi di gestione leggermente superiori ma richiedono costi di impianto inferiori, non richiedono manutenzione e sono soggetti a normative di sicurezza facilmente applicabili. Ma a rendere i sistemi elettrici decisamente convenienti rispetto agli altri, è la possibilità di collegare l'impianto a un sistema di produzione di energia elettrica da fonte solare (fotovoltaico) che non solo azzerava i costi di gestione, ma addirittura produce un utile derivato dalla possibilità di accedere ai contributi statali previsti dalle leggi vigenti.

Se è ad alimentazione elettrica, l'impianto modifica il microclima in misura trascurabile perché non altera la temperatura dell'aria, né l'umidità relativa, inoltre non produce inquinanti e può essere efficacemente utilizzato sia come unico sistema di riscaldamento che come integrazione di altri sistemi.

Un altro aspetto che fa tendere verso un sistema elettrico, è la non grande gittata delle emissioni di diffusori alimentati a gas, grave problema, se questi sono installati a quote elevate come nel caso in esame. Gli impianti a gas, infatti, emettono infrarossi con lunghezza d'onda media, dotati di una energia media rispetto allo spettro degli infrarossi e tendenti ad essere assorbiti in parte dagli strati d'aria intermedi tra la quota di installazione e le persone.

L'innovazione tecnologica ha portato alla realizzazione di lampade alogene in grado di generare infrarossi ad onda corta dotate di energia sufficiente a far arrivare quasi intatto il flusso di infrarossi alle persone, con scarso assorbimento da parte degli strati d'aria intermedi. La piccola lunghezza d'onda si traduce, infatti, in alta frequenza e quindi in alta energia, ai limiti

superiori dello spettro degli infrarossi, poco sotto la luce visibile. L'infrarosso ad onda corta è l'onda a più alta energia nello spettro dell'infrarosso.

Denominazione	Lunghezza d'onda (metri)	Frequenza (hertz)	Energia (eV)
raggi X e gamma	10^{-10} - 10^{-13}	< 3000 THz	$1,24 \times 10^{4-7}$
radiazioni ultraviolette	10^{-8} - 10^{-9}	750 - 3000 THz	$1,24 \times 10^{2-3}$
luce visibile	10^{-6} - 10^{-7}	385 - 750 THz	1,24 - 1,24 x 10
raggi infrarossi	10^{-4} - 10^{-5}	0,3 - 385 THz	$1,24 \times 10^{-1-2}$
microonde	10^{-1} - 10^{-3}	300 MHz – 300 GHz	$1,24 \times 10^{-3-5}$
radiofrequenze	1- 10^4	30 kHz – 300 MHz	$1,24 \times 10^{-6-10}$
frequenze estremamente basse	10^{5-6}	0 – 3 kHz	$1,24 \times 10^{-11}$

Caratteristiche delle radiazioni elettromagnetiche

L'energia degli infrarossi dipende infatti dalla temperatura della sorgente che li genera, le piastrine ceramiche dei diffusori a gas si riscaldano fino a 900 °C, mentre il filamento delle lampade alogene supera i 2000 °C (anche se la temperatura del bulbo esterno di quarzo rimane sotto gli 800°C), l'energia degli infrarossi prodotti dalle alogene è, quindi, maggiore e la loro gittata è, quindi, più grande.

Le sorgenti alogene sono, quindi, particolarmente idonee ad essere installate ad altezze elevate, grazie alla lunga gittata delle loro emissioni. Vero è che l'irraggiamento presenta, tra i suoi svantaggi, un gradiente discendente, ma la differenza di temperatura non è considerevole in poco più di un metro (persone sedute) o al massimo di mt. 1,70/1,80 (persone in piedi), ovvero è valutabile in decimi di grado non arrecando problemi agli utenti. Il vantaggio considerevole, però, è avere un sistema impiantistico che si appoggia già su una rete elettrica preesistente, senza la necessità di intaccare l'edificio con tracce sulle pareti e vani tecnici per tubature di gas.

I rischi per le opere possono venire principalmente da irraggiamenti diretti a breve distanza, derivanti da una collocazione errata degli apparecchi, per questo motivo la realizzazione deve essere coerente con un'attenta e qualificata progettazione.

Si è, quindi, propeso per un sistema ad irraggiamento con funzionamento intermittente, delimitabile ed orientato alle persone piuttosto che all'ambiente, ottenuto con riscaldatori elettrici al quarzo in atmosfera alogena, ad infrarossi ad onda corta.

Gli apparecchi utilizzati sono dotati di lampade alogene e gruppi ottici, la cui emissione è ben direzionabile come la luce visibile e con la quale è possibile riscaldare zone ben delimitabili nelle quali ci sono le persone, evitando di interessare le zone dove ci siano decorazioni, affreschi, manufatti lignei o altri manufatti deteriorabili.

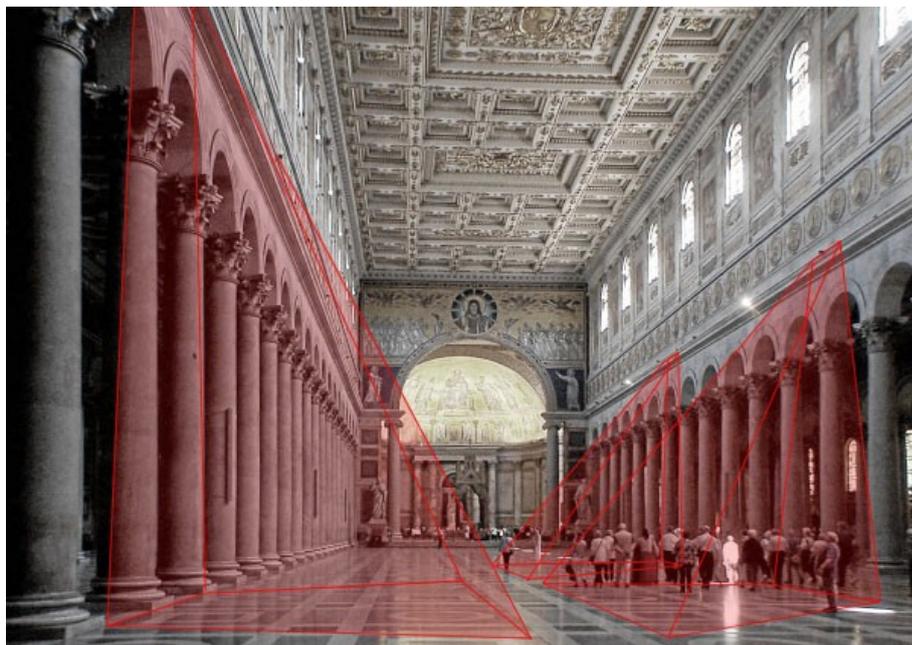
La tipologia di impianto, la potenza e la dislocazione degli emettitori sono studiate nel rispetto dell'edificio, privilegiando un riscaldamento orientato alle persone piuttosto che all'ambiente, in accordo con la EN 15759-1:2011 – *“Linee guida per il riscaldamento delle chiese, cappelle ed altri luoghi di Culto”*.

Potenza, dislocazione ed orientamento degli apparecchi ed, in particolare, la possibilità di gestirne la posizione di funzionamento grazie ai carrelli motorizzati, prevengono l'irraggiamento diretto, frontale o laterale, delle superfici di manufatti e pareti, prevenendo, quindi, i rischi di rapide variazioni di temperatura ed umidità delle relative superfici. Qualora si evidenzino rischi di irraggiamento diretto da breve distanza, si predisporranno apposite alette e mascherature degli apparecchi per limitare il cono di emissione alle sole aree dove ci sono le persone⁵⁶.

Sono stati utilizzati complessivamente 80 apparecchi per riscaldamento ad infrarossi, dei quali la metà da 12 kW sono collocati sulla cornice marcapiano superiore alle colonne della navata centrale, un diffusore per colonna, a circa 14 m. dal piano di calpestio, fuori dal cono ottico dell'utente, e 40 da 6 kW sono collocati nelle navate laterali (20 a sinistra, 20 a destra), sfruttando le nicchie alternate di aperture e sculture, a circa 5 m. dal piano di calpestio. Mentre per la navata centrale è opportuno posizionare i diffusori

⁵⁶ *Riscaldamento della Basilica romana S. Croce in Gerusalemme*, spazioimpianti.it

simmetricamente sui due lati, vista l'elevata volumetria dello spazio e la quota non modesta del cornicione dove gli stessi sono posizionati, per le navate laterali risulta opportuno installare solo una fila di apparecchi sulla parete perimetrale. Questi spazi sono di un'altezza nettamente inferiore a quella del cassettonato di 30 m. dal piano di calpestio, inoltre, l'allocazione dei diffusori risulta non problematica vista la presenza di cavità nel paramento murario, ma efficace data la presenza di confessionali liturgici.



Fasci di emissione dei diffusori installati sul cornicione della navata centrale

Viste le caratteristiche degli spazi, le volumetrie da riscaldare, ma soprattutto le quote di installazione dei diffusori dal piano di calpestio, il progetto prevede dei diffusori di potenza doppia nella navata centrale rispetto a quelli da 6 kW degli spazi laterali. Si è tenuto conto, inoltre, della corrispondenza tra i valori della potenza e le superfici da servire, in base alle schede tecniche dei maggiori produttori presenti sul mercato.

Potenza (kW)	Superficie (m²)
1,5	5 ÷ 10
2	7 ÷ 12
4	13 ÷ 24
5	15 ÷ 28
6	20 ÷ 30
8	26 ÷ 40
10	30 ÷ 56
12	40 ÷ 60

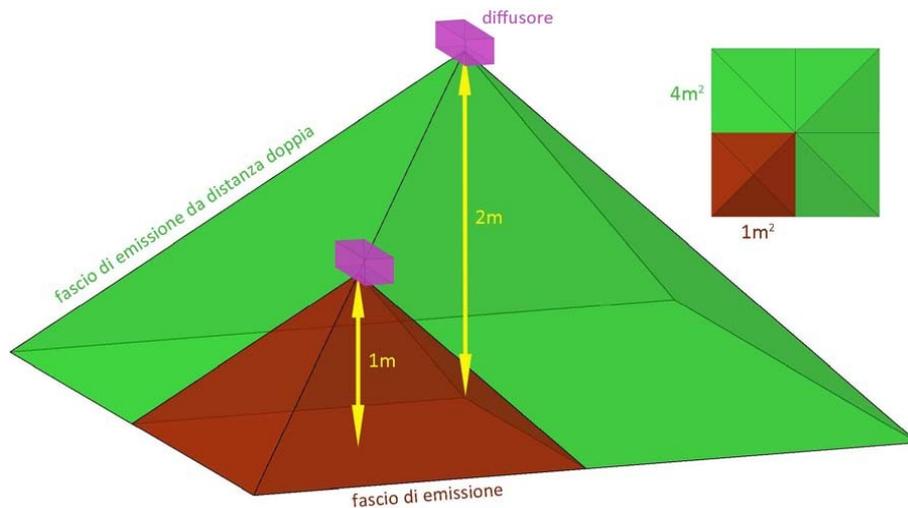
Tabella capacità massime di copertura

Per essere quanto più efficiente possibile, il sistema impiantistico di riscaldamento prevede l'alimentazione elettrica da due circuiti indipendenti e disgiunti: uno per la navate centrale, l'altro per quelle laterali. All'occorrenza, quindi, si potrà scegliere se accendere dall'apposita centralina ambedue gli impianti, nel caso per esempio di celebrazioni papali, o solo i percorsi secondari nei periodi rigidi.

Il progetto tiene conto, sia della configurazione muraria di una fabbrica d'epoca, non andandola ad intaccare con tracce e manomissioni, sia della sua valenza culturale ed architettonica, optando per diffusori automatici su carrelli retrattili.

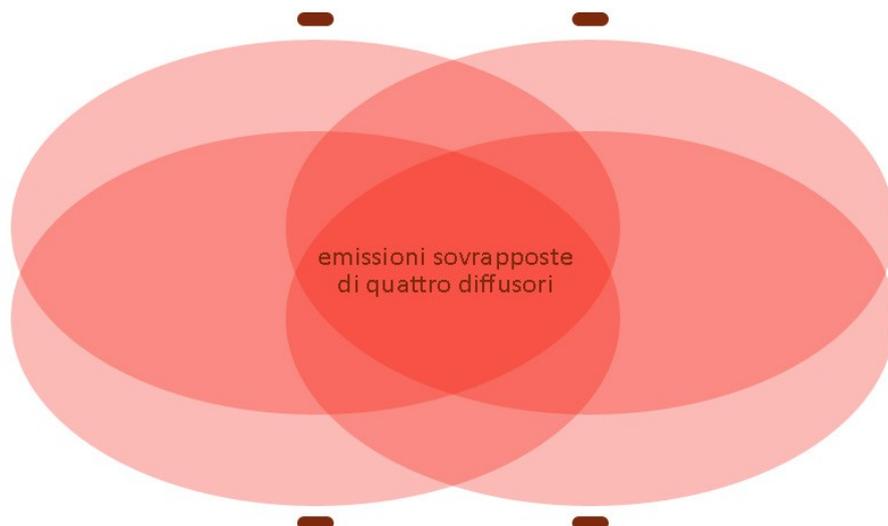
I carrelli sono costituiti da due guide in acciaio inox con pattini a ricircolo di sfere in acciaio inox per carico verticale di 600 kg e da un attuatore a catena per lo spostamento del carrello. Sia i carrelli che i pattini sono per movimentazione industriale, quindi il movimento è costantemente sicuro e preciso e i meccanismi possono operare anche per anni in assenza di manutenzione.

Un singolo apparecchio riscaldante, produce un cono di infrarossi che riscalda una superficie a terra, se si allontana l'apparecchio, si allarga la superficie riscaldata e l'emissione si distribuisce su una superficie più grande, raddoppiando la distanza, la stessa emissione coprirà una superficie quadrupla e l'efficacia sarà quindi ridotta.



Comparazione di fasci di emissione: da una distanza doppia il fascio di infrarossi copre una superficie quadrupla; la stessa energia è distribuita su una superficie quattro volte più grande ed il riscaldamento ottenuto è pari a un quarto

Un intero impianto, invece, non ha questa limitazione, perché alzando la quota di installazione degli apparecchi le superfici coperte allargandosi si sovrappongono tra loro, sommando gli effetti. L'emissione di un apparecchio si sovrappone a quella degli apparecchi a fianco e a quella degli apparecchi di fronte, così che a terra arrivano a sommarsi i contributi di sei apparecchi o anche di più, a seconda della loro distribuzione.



Zona centrale di sovrapposizione delle emissioni di quattro diffusori, garanzia di comfort anche ad alte quote di installazione

Si può quindi riscaldare da qualsiasi altezza, dislocando opportunamente un numero adeguato di apparecchi. Inoltre, grazie alle emissioni a fascio stretto degli apparecchi, l'impianto fornisce un riscaldamento ottimale anche da quote rilevanti⁵⁷.

⁵⁷ Riscaldare ambienti molto alti con l'irraggiamento, spazioimpianti.it



Esempio di diffusore ad infrarossi elettrico su cornicione

Gli apparecchi utilizzati sono in estruso di alluminio massiccio con lampade alogene ad onda corta per la produzione di infrarossi ad emissione principale nello spettro compreso tra i 780 e i 1400 nm, onda corta ed alta frequenza. L'emissione in questa banda di frequenza fornisce una capacità di penetrazione sufficiente per attraversare tutti gli strati d'aria con ridotta dissipazione di energia e di disporre, quindi a terra, della maggior parte della potenza erogata. Gli apparecchi sono dotati di parabole in alluminio speculare, morsettiere ceramiche e cavi siliconati per alte temperature. Le dimensioni di ingombro degli apparecchi sono le seguenti: 9.5 x 60.5 x 12.5 cm.

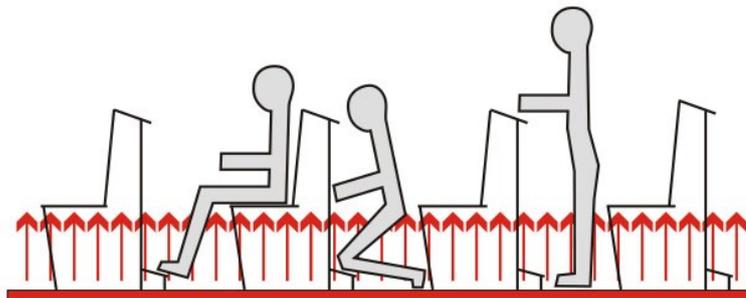
Rischi	Precauzioni
<p><u>Sbalzi termici ed igrometrici</u> L'emissione di infrarossi ad onda corta è ben direzionabile e non comporta variazioni di temperatura e di umidità relativa dell'aria, ma può comportare, se indirizzata su manufatti, rapidi sbalzi di entrambe sulla loro superficie.</p>	La progettazione dell'impianto prevede il direzionamento delle emissioni sulle persone e tiene conto delle superfici vicine in modo da non indirizzarvi l'emissione di infrarossi e non produrre quindi effetti nocivi.
<p><u>Condensazione</u> Non producendo vapore e non alterando, se non marginalmente, temperatura ed umidità, l'impianto non aumenta, ma nemmeno previene, l'eventuale condensazione di vapore acqueo sulle pareti e sulle volte, che restano fredde; l'eventuale condensazione resta così la stessa che si avrebbe in assenza di riscaldamento.</p>	Nessuna
<p><u>Deposizione di polveri ed inquinanti</u> I riscaldatori alogeni non emettono alcun tipo di inquinante, possono però bruciare il pulviscolo atmosferico e favorire la deposizione dei residui immediatamente sopra la lampada.</p>	La progettazione dell'impianto previene questo rischio allontanando dalle pareti gli apparecchi quando sono in funzione, con i carrelli motorizzati.
<p><u>Impatto visivo e danni alle strutture</u> Benché l'intervento sia reversibile e non danneggi le strutture, può avere un impatto visivo notevole in funzione delle modalità di progettazione ed installazione.</p>	La progettazione limita l'impatto estetico alla sola breve durata delle messe invernali, sottraendo gli apparecchi alla vista quando sono spenti, con i carrelli motorizzati.

Tabella di valutazione del rischio

4.2.3.2.2 *Le pedane radianti*

La pedana riscaldante alimentata ad energia elettrica è indicata per il riscaldamento di luoghi di culto, dove può risultare utile localizzare lo stesso alle sole zone interessate quali zona banchi e zona di celebrazione.

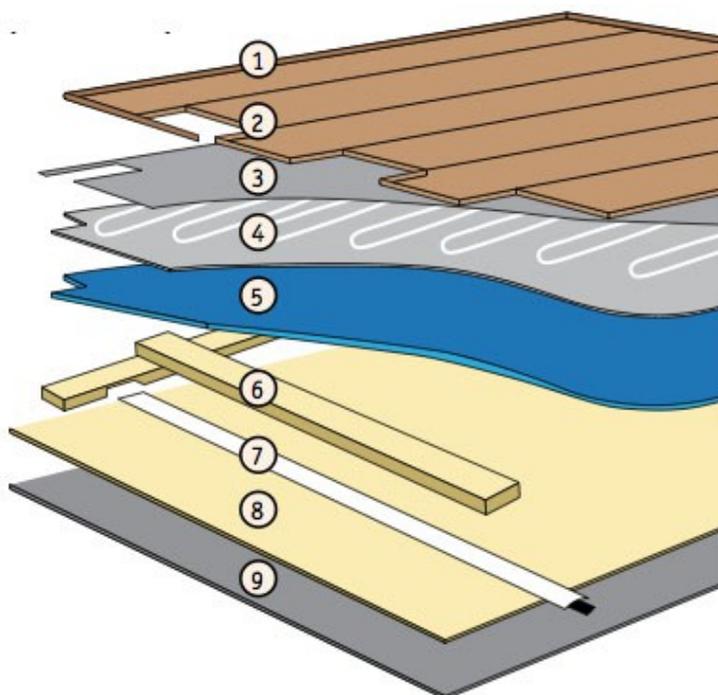
E' un sistema impiantistico con una grande efficienza di riscaldamento, poiché non si riscalda l'aria, che tende a salire e stratificarsi, ma direttamente gli occupanti e gli oggetti con cui sono a contatto. In questo modo gli occupanti saranno riscaldati sia per irraggiamento, sia per contatto: dall'energia termica emessa direttamente dalle pedane e da quella dei banchi che fungono da masse termiche⁵⁸.



Sistema ad irraggiamento della piattaforma radiante

La modalità di costruzione e posa in opera, consente di ridurre al minimo la perdita di calore verso il pavimento esistente, così da ottimizzare il rendimento e diminuire i costi di gestione.

⁵⁸ scheda tecnica *Pedane radianti*, Thermal Technology



Dettaglio costruttivo pedana radiante:

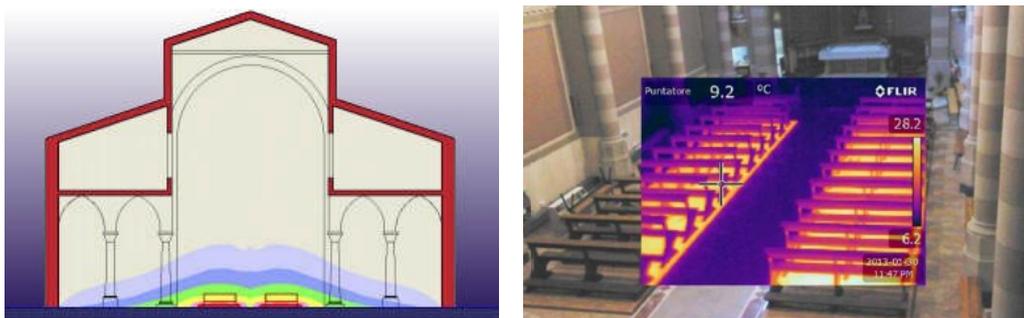
- 1- profilo di chiusura; 2- pavimento in laminato; 3- diffusore termico in lamiera zincata;
4- resistenza elettrica in fibra di carbonio; 5- pannello termoisolante;
6- struttura di supporto in legno; 7- canalina per passaggio fili di collegamento.
8- base in compensato; 9- barriera al vapore.

Affinchè non ci sia dissipazione di energia termica, è necessario che le panche poggino su piedi laterali e che abbiano la minor superficie possibile a contatto con la pavimentazione, così tutta l'energia radiata investe il fedele.



Esempio di una pedana riscaldante

Questo tipo di impianto, essendo localizzato e progettato per l'uomo e non per l'ambiente, non crea sbalzi termici e non varia l'umidità ambientale in maniera percettibile, rimanendo rispettoso dei delicati contenuti artistici ed architettonici della fabbrica. In tal senso va letto il vantaggio della sostituzione di un impianto ad aria, che arreca danni superficiali alle finiture e ad opere d'arte che, tra l'altro, si trovano proprio in copertura come l'arco di *Galla Placidia*, il cassettonato ligneo.



L'aria calda non si stratifica superiormente, ma è localizzata all'area banchi fedeli.
Esempio termografia Syrma

L'alimentazione elettrica permette, inoltre, di adeguare un sistema impiantistico persistente, sfruttando passaggi, cavedi, e dove occorre, realizzando canaline calpestabili poco invasive, e non necessita di manutenzioni, essendo privo di caldaia, pompe o circuiti idraulici.

Per abbattere i costi di gestione dell'impianto, sarebbe opportuno abbinarlo ad un impianto fotovoltaico, i cui pannelli potrebbero essere posizionati sulle coperture dei volumi dell'adiacente abbazia, di modo da non gravare sull'architettura della Basilica. Il costo di gestione delle pedane radianti, sarebbe nullo, se la produzione annua di energia elettrica dei pannelli fotovoltaici coprisse l'intero fabbisogno invernale, quindi, all'incirca si dovrebbe far corrispondere 1 m² di pavimentazione radiante ad 1 m² di superficie fotovoltaica, per dimensionare i pannelli in copertura⁵⁹.

Di seguito, si riportano le principali caratteristiche della pedana riscaldante alimentata da corrente elettrica.

Caratteristiche	Valori
densità media della potenza	300 W/m ²
potenza termica ricevuta da una persona	200 W/m ²
tempo di riscaldamento	20 min.
tensione	230 V.
superficie di pavimentazione	parquet laminato
spessore pedana	40 mm.

Tabella caratteristiche pedana radiante

Per essere quanto più efficiente possibile, riducendo i consumi, l'impianto si caratterizza da tre superfici radianti autonome: due al di sotto dei banchi per i fedeli, una sull'altare maggiore per gli officianti. I tre circuiti sono indicati per un funzionamento intermittente, possono essere accesi poco tempo prima dell'utilizzo dell'area interessata, a seconda della funzione e dell'affluenza prevista, e ne si può regolare la temperatura mediante delle sonde collegate ad una centralina elettronica. Le due pedane radianti per riscaldare i fedeli sono quadrati di lato 15 m., quella per riscaldare gli officianti sull'altare maggiore è un rettangolo di 7 x 15 m.

L'installazione è veloce e non invasiva mediante un sistema modulare che copre anche zone che richiedono sagomature, come colonne, e si interfaccia al

⁵⁹ scheda tecnica *Modulo Termico*, Modul-it pedane modulari riscaldanti

meglio con brevettate resistenze corazzate in fibra di carbonio che non provocano alcun inquinamento elettromagnetico.



Sezione della resistenza corazzata, non produce *elettrosmog*

Si riportano di seguito, i vantaggi che hanno portato alla scelta progettuale dell'impianto di riscaldamento a pedane radianti:

- alcun danneggiamento alla struttura ed alla pavimentazione;
- rimovibilità totale dell'impianto;
- posa in opera rapida e facile;
- possibilità di alimentazione da fonte energetica rinnovabile;
- alcun tipo di inquinamento: sonoro, elettromagnetico;
- resistenza strutturale ai carichi;
- tempi rapidi di messa a regime;
- facilità di utilizzo a seconda delle esigenze⁶⁰.

⁶⁰ *Il riscaldamento monumentale*, brochure informativa Vario, Syrma

Conclusioni/conclusions

“Il progressivo sviluppo dell'uomo dipende dalle invenzioni. Esse sono il risultato più importante delle facoltà creative del cervello umano. Lo scopo ultimo di queste facoltà è il dominio completo della mente sul mondo materiale, il conseguimento della possibilità di incanalare le forze della natura così da soddisfare le esigenze umane”. Nikola Tesla

L'Italia presenta un notevole patrimonio culturale, edifici di pregio per arte e storia che necessitano di una qualificata programmazione per essere tramandati intatti come testimonianza di civiltà. Si tratta di pianificare e attuare quegli interventi tesi a ridare splendore a fabbriche, talvolta abbandonate, sostenendo l'importanza di fornire una destinazione d'uso alla costruzione, elemento imprescindibile per la sua conservazione.

Del patrimonio culturale fanno parte gli edifici di culto, opere di architettura risalenti ad epoche passate, prima anche della scoperta dell'energia elettrica, che necessitano di un adeguamento e di tutte quelle misure atte a rendere il bene culturale sicuro e fruibile.

Sicurezza, fruibilità, comfort, sono concetti dinamici, in continua trasformazione, nel senso che mutano a seconda delle esigenze dell'uomo, e a seconda delle sue invenzioni. Prima le chiese erano illuminate da candele e lanterne, oggi ci sono lampadine, fibre ottiche, led, prima ci si scaldava con stufe a legna, oggi, visto l'elevato pericolo d'incendio, si opta per sistemi alimentati da energia elettrica.

La ricerca si colloca in questa cornice, ed ha avuto come obiettivo la definizione di un percorso metodologico sui criteri progettuali dell'impianto elettrico negli edifici di pregio, soffermandosi sull'importanza di una progettazione integrata. Non è pensabile, infatti, che i momenti della progettazione impiantistica siano disgiunti da quelli relativi alla configurazione strutturale dell'opera, in tal senso ci si focalizza sulla lezione di Vitruvio, e sull'armonia delle parti in virtù di una qualità del tutto.

L'integrazione, però, deve sussistere anche tra gli impianti, senza alcun tipo di interferenza, essi devono poter concorrere ad ottimizzare il

funzionamento dell'edificio. In tal senso, si legge l'approfondimento della tecnologia *bus*, ma soprattutto la sua applicazione in ambiti diversi da quello industriale, come quello architettonico-artistico. In tal merito, lo studio esamina opere tecniche di elevato profilo internazionale, come i sistemi di gestione automatici del Teatro San Carlo e della Biblioteca Nazionale di Napoli.

Per tale motivo, sono stati approfonditi casi studio, dall'edilizia residenziale reale, ai musei, fino all'edilizia di culto, modelli efficaci per indagare come sono state trattate le tematiche impiantistiche, ed ipotizzare proposte migliorative.

Si è svolta, quindi, un'approfondita analisi sulle principali caratteristiche dell'impianto di illuminazione di edifici storici, studiando le installazioni delle sorgenti luminose impiegate, sia per l'illuminazione esterna, sia interna, che propria delle opere d'arte. Per quest'ultimo caso, si fa riferimento al progetto illuminotecnico della collezione Farnese nel Museo Archeologico di Napoli.

Partendo da un'approfondita analisi bibliografica, relativa alle diverse esperienze dettate dalle norme negli anni, la ricerca si è, poi, focalizzata sulla norma CEI 64-15, che si applica agli impianti elettrici negli edifici soggetti a tutela ai sensi della legge 1089/1939. In tal senso, non è stato efficace solo studiarne il senso, ma capire l'evoluzione normativa che ha condotto alle disposizioni attuali, analizzando il concetto di "deroga" del legislatore, come tentativo di coniugare l'integrità storico-artistica delle opere oggetto di tutela con le nuove tecnologie.

Proprio perchè l'impiantistica è al servizio dell'uomo, e le esigenze dello stesso ne progrediscono gli studi, la ricerca approfondisce la tematica della "diversa abilità", avendo posto l'obiettivo di valutare le scelte progettuali, creando un quadro generale attuale. Solo con l'approvazione della legge 13/89, la disciplina del restauro ha iniziato ad interrogarsi sull'accessibilità e fruizione degli spazi architettonici, per tale motivo lo studio indaga le possibilità di modifica e le ipotesi di adeguamento di vecchie fabbriche, come il Santuario di S. Maria dell' Aiuto in Napoli.

Si è giunti, poi, all'elaborazione di un progetto per l'adeguamento impiantistico per la Basilica di S. Paolo fuori le mura in Vaticano. Nel corso dello studio effettuato sono state progettate soluzioni in merito alla sicurezza e

prevenzione incendi, all'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche ed a quello termico. L'esperienza progettuale su un caso pratico, complesso come il citato, ha avuto come obiettivi la sintesi di linee guida teoriche e la valutazione sperimentale di una proposta migliorativa.

Italy has a remarkable cultural heritage and buildings of prestige for both art and history, that need a qualified programming in order to be handed down intact as evidence of civilization. It comes to plan and implement those interventions aimed at restoring glory to factories, sometimes abandoned, arguing the importance of providing the intended construction use as an essential element for its preservation.

The religious buildings are part of the cultural heritage; they represent works of architecture from past times, even before the discovery of electricity, and require an adjustment and all those measures to make them safe and accessible.

Security, usability, comfort, are dynamic concepts, constantly processing, in the sense that they change depending on the needs of people and based on their discoveries. In the past the churches were lit by candles and lanterns, nowadays there are light bulbs, fiber optics, LED; years ago we warmed with wood stoves, today we use systems powered by electricity, given the high risk of fire.

The current research fits into this frame, and has as its objective the definition of a methodological approach on the design criteria of the electricity system in historical buildings, focusing on the importance of integrated design. Indeed, it is unreasonable that the plant planning is disjoint from those related to the structural configuration of the work. In this sense, we focus on the Vitruvius' lesson and the harmony of the sections by virtue of the quality of the whole.

The integrated design has to exist among the plants which must optimize the building operation without any kind of interference. For this reason, we examined the "bus" information and communication technology in the architectural and artistic contest and not only in the industrial one. Accordingly, we studied the most interesting designs about plant automation system of the San Carlo theatre and the Nation Library in Naples.

We examined cases from royal house, museums, to the worship buildings, all effective models that helped us to investigate how they dealt with plant issues, and raise proposals for improvement. Therefore, we studied in deep the main features of the lighting of historic buildings, focusing on the installations of light sources for both outdoor and indoor lighting, and for the art works.

For the latest case we refer to the lighting design of the Farnese collection in the Archaeological Museum in Naples.

Based on a thorough literature review on the different rule experiences over the years, our research then focused on the rule CEI 64-15, which applies to electrical installations in buildings subject to protection under the law 1089/1939 . In this sense, it was not only effective to study the meaning, but to understand the legislative evolution that led to the current provisions, analyzing the concept of "waiver " of the legislator, as attempt to combine the historic and artistic integrity of works subject to protection with new technologies.

Just because the plant is at the service of people and their needs will progress studies, the research explores the topic of "different ability", in order to evaluate the design choices, making a current general picture. Only with the approval of the law 13/89, the discipline of restoration has begun to wonder the accessibility and use of architectural spaces; for that reason, the study investigates the possibility of change and adaptation of ancient buildings, such as the Sanctuary of St. Maria dell’Aiuto in Naples.

Then, we developed a project on the plant adaptation for the “Basilica of San Paolo fuori le mura” in Vatican. In the course of the study we designed solutions on safety and fire prevention, protection systems against lightning and thermal plant. The design experience of this practical and complex case had as its objectives the synthesis of guidelines and the experimental evaluation of an ameliorative proposal.

Bibliografia

- G. Neretti, R. Orlandini, F. Soma, *Il progetto termico del sistema edificio impianto*”, Hoepli, 1995
- P. Petrella (a cura di), *Gli impianti di sollevamento*, Giannini, Napoli 2012
- P. Petrella, *Gli impianti elettrici*, Giannini, Napoli 2001
- P. Petrella (a cura di), *Sicurezza e Prevenzione incendi*, Luciano Editore, Napoli 2006
- G. Forcolini, *Lampade, apparecchi, impianti. Progettazione per ambienti interni ed esterni*, Hoepli 2004
- G. Forcolini, *Gli impianti elettrici. Guida alla progettazione*, BE-MA, Milano 1990
- A. Baglioni, S. Piardi, *Costruzioni e salute*, Franco Angeli, Milano 1990
- D. Trisciuglio, *Introduzione alla domotica*, Tecniche Nuove, Milano 2009
- G. Bearzi, V. Bearzi, *Architettura degli impianti, Da una ricerca esemplificativa nel passato una prospettiva per il prossimo futuro*, Tecniche Nuove, Milano 1997
- G. Carbonara (diretto da), *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino 2001
- G. Quattrone (a cura di), *La chiesa nella città moderna. Architettura, arte e progetto urbano*, Franco Angeli, 2007
- E. Schiavina, *Architetture sacre. Progetti, rilievi, restauri*, Compositori (collana Primipiani), 2003
- C. Pietrangeli, *San Paolo fuori le mura a Roma*, Nardini (collana Chiese e palazzi monumentali d'Italia), 1989
- F. Bellini, *La basilica di San Pietro. Da Michelangelo a Della Porta*, Argos, 2011
- S. Pericu, *Il design degli impianti per il controllo del microclima nei musei. Diagnosi, criteri e impatto sugli edifici storici*, Aracne, 2013
- AA. VV., *Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei beni culturali Guida all'analisi dei pro e dei contro dei vari sistemi di riscaldamento*, Electa, Milano 2007
- P. Palladino, *Manuale di illuminazione*, Tecniche Nuove, Milano 2005
- F. Manna, *Dal lucignolo al neon (lanterne e lampade nella storia e nella vita)*, Europolis, Roma 2001

Sitografia e fonti iconografiche

- ecquadroservizi.it
- ledprofessionale.com
- thermaltt.com
- deltasolar.eu
- ettoregalliani.it
- energy3point.it
- edilio.it
- infobuild.it
- robur.it
- termo-technika.eu
- spazioimpianti.it
- informachiesa.com
- elettricafriulana.it
- lightingnow.net
- netelprom.it
- oes-scarselli.it
- romaviva.com
- magazineroma.it
- laboratorioroma.it
- nextville.it
- lightrsm.com
- ledcontrol.it
- sangiovanmaggioro.net
- scr.it
- puntosicuro.it
- ascensorirerman.it
- romasegreta.it
- arte.it
- bestourism.com
- fotoeweb.it
- elisaprado.com
- www2.marioff.com
- imp.si
- globalfire.it
- isac.cnr.it
- studiograssi.it
- dts-lighting.it
- ecodryitalia.it
- iststudiatell.org
- lighting.philips.it
- servitec.it
- engineering.studiobertacca.it
- ingirofotografando.files.wordpress.com
- lostrillone.tv
- isaventuri.it
- pce-instruments.com
- elettricafriulana.it
- artecontrol.it
- infobuild.it
- ecoclimapiemme.com
- nauticexpo.it
- ledcontrol.it

- repubblica.it
- sielc.it
- netelprom.it
- allestimentimuseali.beniculturali.it
- lighting.philips.it
- erco.com
- tafter.it
- corrieredelmezzogiorno.corriere.it
- ettoregalliani.it
- visitatorino.com
- vbs50.com
- artibrune.com
- leggievai.it
- nikonclubitalia.com
- comune.coriglianocalabro.cs.it
- visitatorino.com
- sienaonline.it
- romeartlover.tripod.com
- romaviva.com
- ilgiornaledellarte.com
- artleo.it
- tesoridiroma.net
- laboratorioroma.it
- sergiontano.com
- mecenatepalace.com
- laboratorioroma.it
- disabili.com
- blog.disabilinews.com
- clmramps.com
- montascalebergamo.com
- venividivici.eu
- wikipedia.org
- romaspqr.it
- architetturapaleocristiana.blogspot.it
- fotoeweb.it
- bestourism.com
- tripadvisor.com
- parrocchiabrusegana.it
- basilicasanpaolo.org
- archiexpo.it
- united-fire.com
- firing.it
- marioff.com
- bulgarianindustry.bg
- meteorage.it
- studiograssi.it
- amis.it

Indice

1	Una visione unitaria della progettazione.....	1
1.1	VERSO UNA PROGETTAZIONE INTEGRATA.....	1
1.1.1	Convergenza nella progettazione.....	1
1.1.2	Il cantiere nell'opera di restauro.....	3
1.1.3	Il ruolo della programmazione.....	5
1.2	TRA PASSATO E PRESENTE	8
1.2.1	La lezione di Vitruvio	8
1.2.2	Un indirizzo da seguire.....	9
1.2.3	L'innovazione legislativa	12
1.3	L'INVOLUCRO EDILIZIO E GLI IMPIANTI.....	15
1.3.1	Il sistema impiantistico nell'edilizia storica	15
1.3.2	Compatibilità e rifunionalizzazione	17
1.3.3	I criteri metodologici.....	19
1.4	L'INTEGRAZIONE TRA GLI IMPIANTI.....	23
1.4.1	Tipologie impiantistiche	23
1.4.1.1	Impianto di illuminazione	23
1.4.1.2	Impianto di forza motrice	24
1.4.1.3	Impianto di rilevazione fumi e gas.....	24
1.4.1.4	Impianto di climatizzazione.....	25
1.4.1.5	Impianto di spegnimento incendi (gas-acqua).....	26
1.4.1.6	Impianto vie di esodo	26
1.4.1.7	Impianto TV a circuito chiuso	28
1.4.1.8	Impianto antintrusione.....	29
1.4.1.9	Impianto controlli accessi.....	30
1.4.1.10	Impianto telefonico	30
1.4.1.11	Impianto trasmissione dati	30
1.4.1.12	Impianto audio di chiamata e di emergenza	30
1.4.1.13	Impianto video-citofonico	31
1.4.1.14	Impianti di gestione.....	31
1.4.2	La Building Automation	31

2	Gli impianti elettrici negli edifici di pregio	35
2.1	CRITERI PROGETTUALI	35
2.1.1	Generalità dell'impianto elettrico.....	35
2.1.2	L'approccio metodologico	38
2.1.3	Gli apparecchi di illuminazione.....	39
2.1.4	La fornitura di energia elettrica	41
2.1.5	Il percorso delle reti per la distribuzione elettrica	42
2.1.6	La tecnica di trasmissione BUS.....	45
2.1.6.1	Il sistema di comunicazione dmx 512 basato sulla trasmissione BUS.....	48
2.1.7	Il sistema automatico di gestione centralizzata degli impianti...51	
2.1.7.1	Il Teatro San Carlo di Napoli	52
2.1.7.2	La Biblioteca Nazionale di Napoli	59
2.1.8	I quadri elettrici	67
2.1.9	Sicurezza per la tutela del patrimonio.....	68
2.2	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI UN IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	73
2.2.1	Illuminazione di interni	73
2.2.2	Illuminazione delle opere d'arte	77
2.2.2.1	L'illuminazione artistica della collezione Farnese nel Museo Archeologico di Napoli.....	85
2.2.3	Illuminazione di esterni.....	96
2.3	IL QUADRO NORMATIVO	98
2.3.1	L'evoluzione legislativa e il concetto di deroga	98
2.3.2	La norma CEI 64-15.....	100
2.4	L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA IMPIANTISTICA.....	107
2.4.1	Sistema elettrostatico per l'allontanamento dei piccioni	107
2.5	IMPIANTI NELL'EDILIZIA RESIDENZIALE REALE.....	110
2.5.1	La Palazzina di caccia di Stupinigi	110
2.5.2	Il Castello Ducale di Corigliano Calabro.....	119
2.5.3	Il Palazzo Piccolomini delle Papesse in Siena.....	124
2.6	IMPIANTI NELL'EDILIZIA DI CULTO	131
2.6.1	La Basilica di S. Pietro in Vaticano	131

3 L'impiantistica al servizio del superamento delle barriere architettoniche..... 148

3.1 IL SISTEMA IMPIANTISTICO PER LO SPAZIO

ARCHITETTONICO..... 148

- 3.1.1 Conservazione del bene culturale ed accessibilità dello spazio architettonico.....148
- 3.1.2 I principi basilari della diversa abilità.....152
- 3.1.3 Riferimenti normativi specifici per i luoghi d'interesse culturale.....156

3.2 LA DIFFERENZA DI QUOTA COME BARRIERA

ARCHITETTONICA..... 160

- 3.2.1 Il superamento del salto di quota.....160
- 3.2.2 L'ascensore nei luoghi di interesse culturale161
- 3.2.3 Il Santuario di S. Maria dell'Aiuto in Napoli165
 - 3.2.3.1 Note storico-archivistiche del Santuario173
 - 3.2.3.2 Il progetto dell'elevatore nel Santuario di Santa Maria dell'Aiuto177
 - 3.2.3.3 L'impianto elevatore.....183
- 3.2.4 La piattaforma elevatrice: quadro normativo.....188
- 3.2.5 La piattaforma elevatrice e l'ascensore189

4 Un modello di studio applicativo..... 192

4.1 LA BASILICA DI SAN PAOLO FUORI LE MURA..... 192

- 4.1.1 La storia192
- 4.1.2 L'architettura.....197
 - 4.1.2.1 Il prospetto.....198
 - 4.1.2.2 Le Navate199
 - 4.1.2.3 L'Arco di Galla Placidia200
 - 4.1.2.4 Transetto e cappelle laterali.....201
 - 4.1.2.5 Il Ciborio.....203
 - 4.1.2.6 L'Abside205

4.2 LA PROPOSTA PROGETTUALE 207

- 4.2.1 Sicurezza e prevenzione incendi207
 - 4.2.1.1 Lo stato di fatto207
 - 4.2.1.2 Il progetto ed il sistema antincendio Water Mist.....211
- 4.2.2 La protezione contro le scariche atmosferiche225

4.2.2.1	Sovratensioni da fulmine.....	225
4.2.2.2	Origine delle sovratensioni transitorie	228
4.2.2.3	Il quadro normativo.....	230
4.2.2.4	Il progetto.....	231
4.2.3	L'impianto termico	237
4.2.3.1	Lo stato di fatto: l'impianto di riscaldamento ad aria calda.....	237
4.2.3.2	Analisi progettuale del riscaldamento della Basilica	238
 <i>Conclusioni</i>		 257
 <i>Bibliografia</i>		 262
 <i>Sitografia e fonti iconografiche</i>		 263