

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO di
INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA E DELL'INFORMAZIONE
"Guglielmo Marconi"
DEI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
Ingegneria dell'energia elettrica

TESI DI LAUREA
in
Acustica applicata ed illuminotecnica

**Progetto della nuova illuminazione interna della basilica di
Santa Maria del Monte a Cesena**

CANDIDATA

Eugenia Trebbi

RELATORE

Chiar.mo Prof. Massimo Garai

CORRELATORE

Ing. Paolino Batani

Anno Accademico
2022/23

Sessione
I

INDICE	pag.
1. INTRODUZIONE	
1.1 Cenni storici sull'Abbazia di S. Maria del Monte	3
1.2 Tipi di illuminazione presenti	5
1.3 Intervento previsto	9
2. OBIETTIVI	
2.1 Perché un progetto per un nuovo impianto di illuminazione	10
2.2 Grandezze illuminotecniche utili per il progetto	11
2.3 I LED: la sorgente luminosa artificiale per eccellenza?	13
2.4 Obiettivi da raggiungere: illuminazione affreschi, ottimizzazione della gestione degli scenari di illuminazione per la vita liturgica, risparmio energetico	15
3. METODI E PROCESSI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO	
3.1 Rilievo situazione attuale	18
3.2 Individuazione dei criteri di illuminazioni delle varie parti dell'abbazia	28
3.3 Individuazione dei corpi illuminanti, dei puntamenti e delle ottiche da utilizzare	31
3.4 Utilizzo dei software di modellazione per la simulazione della nuova illuminazione	39
4. RISULTATI: PROGETTO DI RELAMPING	
4.1 Descrizione del progetto finale	40
4.2 Risultati raggiunti a fine giugno 2023	46
4.3 Risultati dei calcoli e della modellazione	48
4.4 Risparmio consumi ottenuto	54
5. CONCLUSIONI	57
6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	60
7. APPENDICI	
7.1 Glossario liturgico architettonico	61
7.2 Schede tecniche	64

1. INTRODUZIONE

1.1 Cenni storici sull'Abbazia di S. Maria del Monte

La città di Cesena è situata a ridosso delle colline e si dipana in particolare fra due di esse: il colle Garampo ed il colle Spaziano; su quest'ultimo sorge l'abbazia "del Monte" composta dal monastero benedettino e dalla Basilica dedicata alla Madonna.

La prima fonte che la menzioni è uno scritto di san Pier Damiani (XI secolo) che racconta che san Mauro (X secolo) costruì una piccola chiesa in cui soleva ritirarsi, ma è successivamente all'anno Mille che fiorì il monastero benedettino, la chiesa venne ampliata e la tomba di san Mauro venne a trovarsi nella cripta.



Figura 1 - Vista del complesso dell'abbazia di Santa Maria del Monte sovrastante la città di Cesena

Nel 1548 la Basilica venne modificata ed ingrandita e così ottenne la struttura che all'incirca ha anche oggi: una singola navata con cappelle laterali e l'abside rialzata circondata dal deambulatorio.

All'epoca uno scalone centrale portava dalla navata alla cripta e due scale laterali dalla navata al presbiterio, ma tale soluzione non piacque all'architetto bolognese Francesco Morandi, detto il Terribilia, che l'invertì ottenendo lo scalone ascendente centrale e le due rampe discendenti laterali presenti tuttora. Nel corso dei secoli più

volte l'abbazia è stata distrutta o danneggiata da terremoti o durante battaglie: ad esempio la cupola affrescata sostenuta dal tamburo venne rifatta nel XVIII secolo.

L'abside rialzata è composto dal presbiterio vero e proprio, dalla zona del coro ligneo scolpito del Cinquecento, la nicchia della statua di legno e stucco dipinti raffigurante la Madonna (che dà il nome alla Basilica da quando vi fu trasferita nel 1318), due cantorie ed un camminamento posteriore (una sorta di deambulatorio, appunto) su cui si affacciano tre cappelline e le bacheche contenenti una importante raccolta di ex voto.

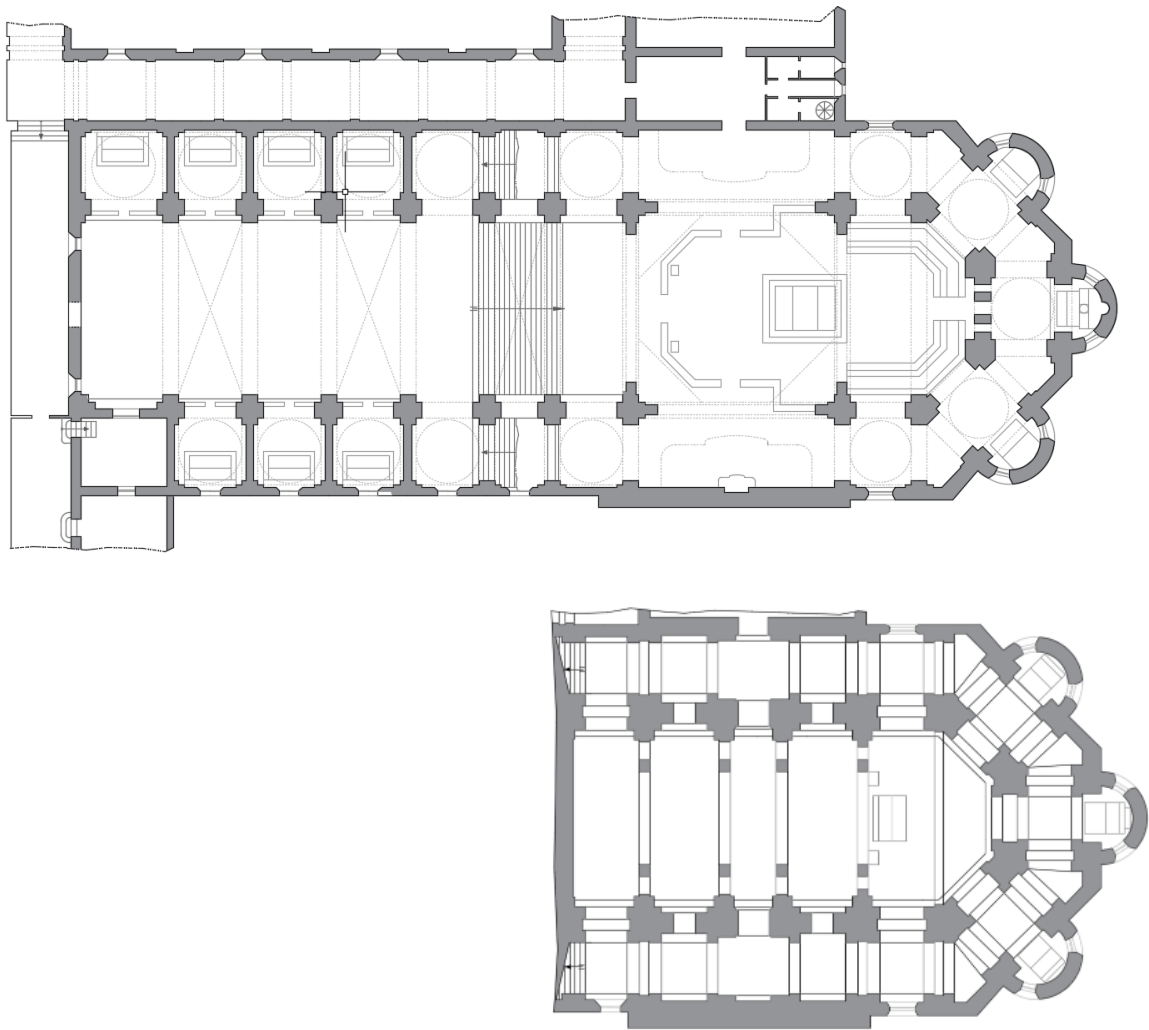


Figura 2 - Planimetrie della Basilica e della cripta

1.2 Tipi di illuminazione presenti

L'ultimo relamping della Basilica fu eseguito nel 1994 su progetto dello studio Tecne Engineering dell'ing. Paolino Batani di Cesena e comprendeva diversi tipi di lampade: dicroiche, alogene, a ioduri metallici e a vapori di sodio ad alta pressione.

In generale, le caratteristiche principali di questi tipi di lampade sono le seguenti.

Lampade alogene:

sono un particolare tipo di lampade ad incandescenza in cui sono presenti atomi di gas alogeni all'interno del bulbo. Quando dal filamento di tungsteno incandescente si liberano ("evaporano") degli atomi, questi si combinano con atomi di gas alogeni così da formare un composto gassoso che, ricadendo sul filamento, si scompone depositando il tungsteno (in questo modo il filamento si rigenera) e liberando nuovamente gli alogeni nel bulbo di quarzo. Le lampade dicroiche sono un particolare tipo di alogene caratterizzate da un particolare riflettore incorporato.

Lampade a scarica nei gas:

in linea di massima sono formate da un tubo contenente gas e due elettrodi; dietro questa struttura di base apparentemente semplice si nascondono però diversi tipi di lampade: fluorescenti (tubolari), a vapori di sodio, a vapori di mercurio ed a ioduri metallici. Nell'impianto di illuminazione finora esistente all'abbazia del Monte sono presenti due tipi di lampade a scarica nei gas: a sodio ad alta pressione e a ioduri metallici.

- Per quanto riguarda le lampade a scarica al sodio ad alta pressione, in una prima ampolla di vetro è racchiuso il tubo di scarica in materiale ceramico al cui interno è presente sodio ad alta temperatura e pressione (in questo caso la pressione è considerata alta in un intervallo fra i 10 ed i 95 kPa); le condizioni dei vapori di sodio sottoposti alla scarica elettrica li portano ad emettere una luce bianco dorata ed uno spettro continuo. Esistono varie tipologie di queste lampade, ma tutte necessitano di un accenditore, a volte incorporato (di cosa si tratta verrà chiarito più avanti); inoltre il flusso luminoso emesso dipende dalla tensione applicata.
- Le lampade a scarica a ioduri metallici sono un'evoluzione delle lampade a vapori di mercurio (analoghe a quelle a vapori di sodio), ma il tubo di scarica

contiene, oltre al mercurio, ioduri di sodio, tallio e indio e la forma dell'ampolla è diversa: tubolare e può essere sia chiara che fluorescente. Per migliorare la resa cromatica, lo spettro ed elevare l'efficienza vengono inserite anche ioduri di terre rare (disprosio, olmio, tulio e cesio). Come per le lampade al sodio è necessario l'accenditore ed il flusso luminoso dipende dalla tensione. È appena il caso di ricordare che uno ioduro è un alogenuro, ovvero un sale di idracido in cui il non metallo è un alogeno (VII gruppo) ed è legato ad un metallo, come il mercurio o le terre rare.

Occorre fare una precisazione terminologica anche se magari non rigorosa; infatti, qui come nel linguaggio tecnico corrente, spesso vengono utilizzati in maniera equivalente i termini: lampada, corpo illuminante, sorgente ed apparecchio. Tuttavia è doveroso specificare che gli apparecchi sono costituiti dall'insieme della lampada, del corpo illuminante e del circuito elettrico. Le lampade a scarica per funzionare hanno bisogno di alcuni componenti ulteriori, così che solitamente un apparecchio è dotato dell'eventuale alimentatore da incorporare, dello starter e del condensatore di rifasamento, oltre che della lampada e delle protezioni.

Sia nelle lampade al sodio ad alta pressione che in quelle a ioduri metallici la tensione necessaria per l'innesco della scarica è maggiore di quella di alimentazione, perciò serve un *accenditore* o *starter* per ottenere tale sovratensione iniziale (centinaia se non migliaia di volt) sottoforma di impulsi che cessano quando la scarica si è stabilita. Ne esistono di vari tipi ma in ogni caso devono essere installati vicino alle lampade affinché la capacità del filo di collegamento sia bassa; in questo modo si cerca di innalzare l'impedenza che invece nel caso degli impulsi sarebbe molto bassa provocando il cortocircuito dello starter stesso. Infatti:

$$\bar{Z} \approx \frac{1}{j\omega C}$$

$$\text{con } \omega = 2\pi f$$

in caso di impulsi $f \rightarrow \infty \Rightarrow \omega \rightarrow \infty \Rightarrow \bar{Z} \rightarrow 0$,

invece se $C \rightarrow 0 \Rightarrow \bar{Z} \rightarrow \infty$,

perciò i due effetti si compensano.

Un altro componente importante è l'*alimentatore* o *reattore*, il quale ha lo scopo di stabilizzare e limitare la corrente di scarica nel gas; si tratta essenzialmente di un'induttanza con poche perdite e può essere indipendente, da incorporare o integrato. Tali reattori, però, causano un ritardo della corrente rispetto alla tensione e così si ha un $\cos \varphi = 0,4 \div 0,5$. Di conseguenza, per ottenere un certo valore di potenza, la corrente sarà maggiore, causando perdite maggiori e cadute maggiori sulle linee. Per diminuire l'angolo di sfasamento ed ovviare così ai problemi appena elencati, si inserisce in parallelo un condensatore (la corrente capacitiva è infatti in anticipo rispetto alla tensione, al contrario di quella induttiva), così che la corrente diventi quasi in fase. La capacità necessaria per ottenere un rifasamento almeno parziale dipende dal tipo e dalla potenza della lampada.

La tabella 1 mette a confronto i tre tipi di lampada presenti finora nella Basilica e nella cripta dell'abbazia di Santa Maria del Monte.

Tabella 1 - confronto fra i tre tipi generici di lampada.

Tipo di lampada	Potenza (W)	Flusso luminoso (lm)	Efficienza luminosa (lm/W)	Temperatura di colore (K)	Indice di resa Ra	Vita media (h)	note
Alogena	150-1500	2100-33000	14-22	< 3300	> 90	< 2000	Luce bianca, no alimentatore
Alogenuri metallici	250-1600	16000-115000	57-74	3300-5500	60-90	dipende	Concentrazione del flusso, luce bianca, alimentatore ed accenditore
Sodio ad alta pressione	50-400	3100-47000	56-107	< 3300	20-60	> 7000	Concentrazione flusso, alta efficienza luminosa, alimentatore ed accenditore

Per la precisione nella Basilica sono presenti i seguenti corpi illuminanti:

- faretti con lampada alogena a 12 V
- proiettori
 - asimmetrico con lampada JM-TS da 250, 150, 70 W
 - con lampada SAP da 400 W
 - con lampada JMT da 400 W

- con lampada SAP da 150 W
- con lampada dicroica 1x35, 1x50, 3x50 W
- a fascio concentrato con lampada dicroica 3x50 W

JM: a ioduri metallici

SAP: a sodio ad alta pressione

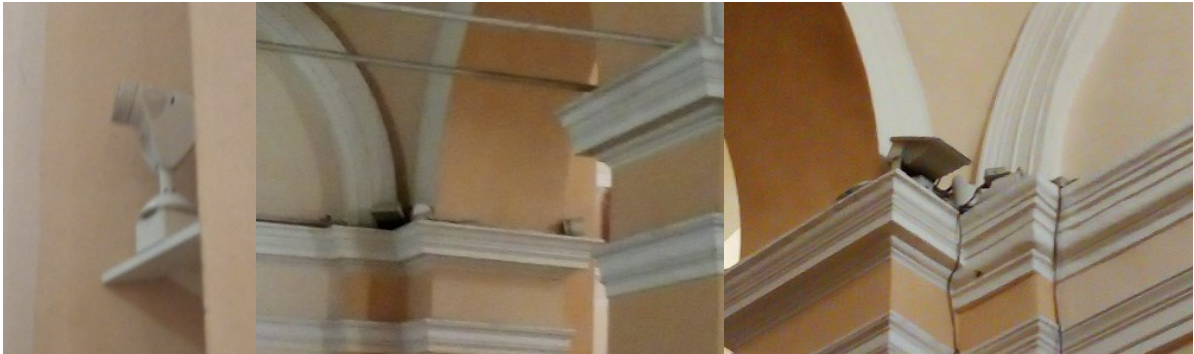


Figura 3 - in senso orario: faretto Disano Cast con lampada dicroica 50 W, proiettore asimmetrico Disano da 70 W e faretto con lampade dicroiche 3x50 W, proiettore asimmetrico Disano 70W in una cappella.



Figura 4 - Proiettore asimmetrico Disano 150W

Nella cripta sono invece presenti due tipi di faretti:

- a fascio concentrico con lampada dicroica 1x50 W
- alogeno a lampada da 150 W, vedere figura 5



Figura 5 - Proiettore alogeno 150 W della cripta

1.3 Intervento previsto

L'idea è quella di sostituire le sorgenti luminose presenti (è il concetto di relamping, appunto) con altre a LED (faretti e barre) di varie dimensioni e potenze, ma quest'ultime comunque inferiori rispetto a quelle precedenti; difatti questo progetto nasce da due esigenze: ottimizzare i consumi energetici e migliorare la distribuzione luminosa.

La scelta dei LED ha anche altri vantaggi, quali l'accensione immediata delle lampade ed una bella resa dei colori grazie alla possibilità di avere buoni valori di due parametri: la temperatura di colore, $T=3000\text{ K}$ in questo caso, e l'indice di resa cromatica pari a $\text{CRI}=92$, cioè molto alto.

Confrontandosi con altri esperti di illuminotecnica si è giunti ad elaborare un progetto che comprendeva i seguenti apparecchi e che verrà dettagliato nei successivi capitoli.

APPARECCHI UTILIZZATI:

- Proiettori vari a base, ditta Exenia, delle serie Museo e Museo Revo
- Proiettori, ditta Simes, modello Movit
- Barre a led su misura (strip led), ditta Exenia

SORGENTI LUMINOSE:

led, quasi sempre 3000 K e $\text{CRI}=92$



Figura 6 - Alcuni proiettori del nuovo progetto: modello Movit ditta Simes per le cappelle, un Museo Revo Small 2x per le cappelle ed un Museo Revo Compact color sabbia

2. OBIETTIVI

2.1 Perché un progetto per un nuovo impianto di illuminazione

Senza cadere nella tentazione delle “magnifiche sorti e progressive¹”, bisogna tener conto dell'avanzamento tecnologico che si è avuto negli ultimi vent'anni anche nell'ambito dell'illuminazione: dal 1994, anno in cui si fece il precedente intervento sull'impianto di illuminazione interna della Basilica e della cripta, ad oggi, si è passati pressoché in ogni luogo da lampade ad incandescenza, alogene ed a scarica, ai LED, fatte salve alcune applicazioni particolari o di poco conto.

Uno, se non il primo, dei vantaggi di quest'ultimo tipo di sorgente luminosa è il basso consumo in termini di energia elettrica che permette un risparmio anche economico sostanzioso. Proprio per far fronte alla richiesta in tal senso dell'abbazia si è primariamente deciso di eseguire l'intervento di relamping.

Esso però ha anche una grossa connotazione di tipo estetico perché tale è la disciplina illuminotecnica: essa, infatti, unisce nozioni tecniche, scientifiche, specialistiche, specifiche, misurabili, con nozioni artistiche, di gusto, personali. In effetti alcune scelte stilistiche effettuate negli anni Novanta non sono più apprezzate e si è preferito, invece, valorizzare la resa cromatica dei dipinti ed assicurare ovunque un adeguato valore di illuminamento.

Oltre a tutto ciò, va considerata anche la specificità del luogo: una chiesa, una Basilica, un santuario importante per la città, funzionante, attivo dal punto di vista liturgico e casa di una comunità monastica, un luogo cioè del presente, non appena legato al passato per la sua storia ed il suo contenuto artistico, e soprattutto, si ribadisce, un luogo sacro, cioè non appena paragonabile ad un museo, un teatro o un salone.

L'illuminazione di una chiesa è, perciò, un *unicum*. Soprattutto per quanto riguarda le chiese non recenti si ha un patrimonio artistico ed architettonico da valorizzare, ma senza spodestare dal primato di importanza il fatto che esse sono un luogo di culto e che, durante la celebrazione della Messa, Dio si avvicina e si rende compagno all'uomo.

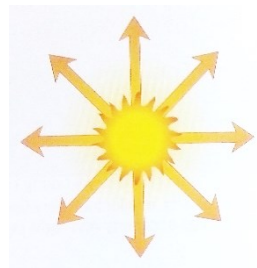
¹ Da “La ginestra” di G. Leopardi

Per questo si avranno due (più uno) tipi di illuminazione:

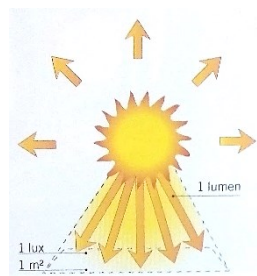
- Partiamo dal “più uno”: si tratta di illuminare il piano di calpestio in misura appropriata (a sufficienza, con sufficiente uniformità e con particolare attenzione ai gradini) per permettere a chiunque vi acceda, siano fedeli o turisti, di camminare senza rischi, in sicurezza.
- Veniamo poi all’illuminazione di tipo museale, per valorizzare uno sterminato patrimonio artistico sotto forma di opere architettoniche, quadri, affreschi, sculture, mosaici, bassorilievi, suppellettili, ma anche un patrimonio storico-culturale (si pensi ai monumenti funebri).
- L’altro tipo di illuminazione, per certi versi il principale, è quello funzionale liturgico; si tratta di illuminare luoghi, cose, persone ed azioni.

2.2 Grandezze illuminotecniche utili per il progetto

Flusso luminoso: grandezza che rappresenta la quantità di energia luminosa emessa da una sorgente in una data unità di tempo, ovvero una potenza, ma pesata sulla base della sensibilità dell’occhio umano. Il flusso luminoso dell’apparecchio rappresenta la luce che effettivamente esce da esso. La sua unità di misura è il lumen (lm).



Illuminamento: grandezza che indica la quantità di flusso luminoso che raggiunge una superficie. L’illuminamento varia con l’inverso del quadrato della distanza dalla sorgente luminosa e si misura in lux ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$).



Efficienza luminosa: rapporto fra il flusso luminoso emesso da una sorgente e la potenza elettrica da essa assorbita, esprime cioè il rendimento di una sorgente; si misura in lumen su watt (lm/W).

Temperatura di colore: identifica lo spettro di radiazione di un corpo nero che, in prima approssimazione, è simile allo spettro delle sorgenti naturali o tradizionali (sole o lampada ad incandescenza per esempio) e si misura in kelvin (K). A titolo indicativo:

- ad una temperatura bassa (2700-3000 K) corrispondono le tonalità calde, simili a quelle di sorgenti alogene e ad incandescenza; è particolarmente indicata per applicazioni interne e normalmente presenta rese cromatiche più elevate
- ad una temperatura intermedia (3000-4000 K) corrisponde una luce neutra che offre un buon compromesso fra tonalità e resa cromatica
- a temperatura alta (oltre i 4000 o 5000 K) corrispondono tonalità più fredde, è normalmente utilizzata nonché consigliata per applicazioni esterne ed assicura una notevole brillantezza

A differenza delle sorgenti luminose tradizionali, i led offrono un'ampia gamma di temperature di colore.

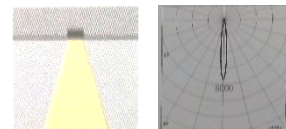
Indice di resa cromatica: è una valutazione qualitativa sulla capacità di una sorgente a rendere fedelmente i colori degli oggetti illuminati. Esso si calcola mediando su otto campioni di riferimento e il suo valore varia da 0 a 100.

Due sorgenti luminose dello stesso tipo, anche se contraddistinte dalla stessa temperatura di colore nominale, emettono luce con spettri leggermente diversi; se tali variazioni sono esagerate, la percezione del colore della luce differisce in modo significativo.

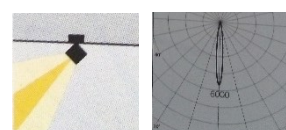
Curve isolux: rappresentano l'unione dei punti del piano aventi lo stesso valore di illuminamento, in lux.

Curva fotometrica: rappresentazione bidimensionale (piani verticali perpendicolari passanti per il centro ottico dell'apparecchio) del solido fotometrico, ossia delle intensità emesse in tutte le direzioni (flusso) dalla sorgente. Essa è il modo per visualizzare e quantificare le varie ottiche possibili per un corpo illuminante e di seguito illustrate brevemente.

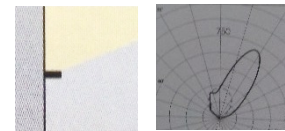
Ottica concentrante (narrow): per illuminare piccole superfici, adatta per un'illuminazione d'accento (puntuale, uniforme, intensa e limitata).



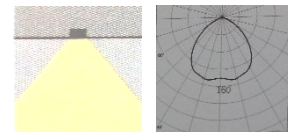
Ottica spot: utilizzata quando si vuole evidenziare un determinato soggetto o elemento, così che l'attenzione dell'osservatore sia attratta da esso.



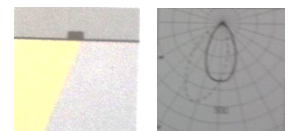
Ottica indiretta: per creare un'illuminazione d'ambiente che elimini l'effetto di abbagliamento e garantisca un ottimo comfort visivo.



Ottica diffondente (wide): per illuminare grandi superfici, illuminazione omogenea e poco intensa complessiva.



Ottica wall washer: caratterizzata dall'asimmetria del fascio, per illuminare grandi superfici verticali di solito e garantire uniformità.



2.3 I LED: la sorgente luminosa artificiale per eccellenza?

La parola LED è, in realtà, l'acronimo di "light emitting diode" (diodo ad emissione luminosa). Si tratta di un diodo che utilizza le proprietà di alcuni semiconduttori che, al passaggio della corrente, emettono fotoni, ovvero luce.

Un insieme di LED montati su un circuito stampato forma un "modulo LED". Affinché esso possa funzionare correttamente quanto a vita, efficienza e diminuzione del flusso, deve poter dissipare in maniera corretta il calore che genera: i dati nominali del LED sono rispettati solo se non viene superata la temperatura di giunzione T_j che di solito è circa di 25°C.

La tecnologia LED è un'alternativa efficiente ed economica alle tradizionali sorgenti luminose, difatti il risparmio energetico è notevole: 90% rispetto a quelle ad incandescenza, 85% rispetto alle alogene e 55% rispetto alle fluorescenti. Essi hanno durata media dichiarata di 50 000 ore, non richiedono manutenzione ed azzerano i costi di sostituzione delle lampade nel breve e medio-lungo periodo; la loro luce contiene una bassa percentuale di radiazione IR e UV, di conseguenza irradia poco calore. Ma non finiscono qui i vantaggi dei LED: essi infatti vanno subito a regime una volta accesi ed hanno efficienze luminose molto alte; l'efficienza luminosa di un apparecchio è il parametro più utile al progettista per determinare il giusto corpo illuminante perché fornisce un dato pratico: il rapporto tra l'emissione luminosa (flusso) e l'assorbimento complessivo dell'apparecchio.

Tabella 2 - Tabella con i valori delle efficienze luminose di diverse sorgenti luminose a confronto.

Tipo di lampada	Efficienza luminosa η (lm/W)
LED	< 130
Incandescenza	13
Alogene	16
Fluorescenti	70

Non esistono semiconduttori che possano far sì che un LED emetta luce bianca, ma ci sono due modi per ottenerla: il primo è per sintesi RGB e lo si ha quando un singolo LED è formato, in realtà, da tre, uno per ogni colore primario (rosso, verde, blu *in inglese Red, Green, Blue*); il secondo è per conversione della luminescenza, ovvero un LED colorato è circondato da molecole (dette fosfori) che convertono la lunghezza d'onda della sua luce in un'altra, così che la luce percepita dall'occhio sia bianca, ovvero contenga tutte le lunghezze d'onda



RGB
Red Green Blue
 -
*sintesi del colore luce:
 dalla somma dei tre colori
 otteniamo il bianco*

dello spettro del visibile. In entrambi i modi si ha un contenuto spettrale di infrarossi ed ultravioletti pressoché nullo, il che fa dei LED una fonte privilegiata per illuminare opere d'arte particolarmente sensibili a queste radiazioni. Nel nostro caso, ovvero nei proiettori e nelle barre di marca Exenia, la luce bianca è ottenuta da LED blu con particolari fosfori. Una giusta calibrazione permette anche di ottenere la corretta tonalità di bianco caldo o freddo.

La maggior parte dei vantaggi e delle caratteristiche illustrate finora non sono appena prerogative dei LED, ma sono accentuate dalla particolare tipologia di LED usati nel progetto; difatti, quelli usati nei proiettori e nelle barre di questo progetto sono di tipo "cob" (chip on board), ovvero tutti i led sono montati su un singolo chip e sono accomunati da una singola copertura di fosfori che fa sì che la luce sia diffusa in modo uniforme.



Figura 7 - Disegno che mostra un led COB con la colata, che mantiene uno spessore inferiore al millimetro.

2.4 Obiettivi da raggiungere: illuminazione affreschi, ottimizzazione della gestione degli scenari di illuminazione per la vita liturgica, risparmio energetico

Per una chiesa come il Monte, sono due i momenti principali del suo utilizzo: quello delle funzioni religiose e quello dell'ammirazione dell'opera d'arte ed architettonica che è. Per il secondo si può pensare all'illuminazione come la si penserebbe per qualunque monumento importante, per il primo la questione si fa più delicata ed è bene che il progettista si confronti con un esperto di liturgia, nel caso non avesse già conoscenze a riguardo.

Innanzitutto non avrebbe senso cercare di riprodurre l'illuminazione originale che dipendeva dalle sorgenti a fiamma (candele e lampade) e dalla luce naturale che entra dalle finestre; essa per lunghi secoli era limitata perché limitate dovevano essere le aperture nelle pareti per motivi di statica, mentre dal periodo gotico entra in maggior misura e anche colorata, grazie alle vetrate, e solo recentemente la luce è stata dominata perché le conoscenze strutturali permettono un'estensione illimitata delle finestre e soprattutto per il rapido sviluppo delle sorgenti, dei corpi e degli impianti. La luce naturale, dunque, deve "mantenere le proprie caratteristiche, che variano molto a seconda delle epoche e delle architetture"², ma deve sempre essere in rapporto con quella artificiale, la quale "dovrebbe rispecchiare il più possibile le funzioni della luce naturale"³.

Come illuminare allora una chiesa? Quadridimensionalmente, tenendo conto sia dei diversi momenti che dei diversi luoghi.

Radice della vita cristiana è la messa, che si compone essenzialmente di due parti: la liturgia della Parola e quella Eucaristica. Nella prima il centro è l'ambone da cui vengono proclamati brani della Bibbia: sarà esso, perciò, a dover essere principalmente illuminato, mentre l'assemblea necessiterà di un'illuminazione sufficiente alla lettura del foglietto che serve per seguire. Nella seconda parte, invece, tutta l'attenzione deve essere rivolta all'altare e la luce deve concorrere a tal scopo, tanto che la navata potrebbe essere posta in penombra, cosicché il presbiterio risalti; una variazione di flusso luminoso dell'assemblea fra le due liturgie potrebbe però non

² Cfr. CEI, Commissione episcopale per la liturgia, Nota pastorale, *L'adeguamento delle chiese secondo la riforma liturgica*, Roma 31 maggio 1996, n. 59 b.

³ Cfr. CEI, Commissione episcopale per la liturgia, Nota pastorale, *La progettazione di nuove chiese*, Roma 18 febbraio 1993, n. 30.

essere la soluzione migliore: si ha il rischio, infatti, di trattare la messa alla stregua di uno spettacolo teatrale. Forse, perciò, si potrebbe risolvere la questione bilanciando l'illuminazione in modo che nella navata ci sia luce a sufficienza per una lettura breve e confortevole (150-200 lx) e minima sulle pareti e la volta (30-50 lx) per valorizzare anche la componente di penombra che può aiutare il raccoglimento.

Ci si renda conto che tutti i valori esplicitati non sono tratti da norme specifiche (che non esistono), bensì adattate da altre norme analoghe o tratte dall'esperienza e dal buonsenso. Per quanto riguarda l'ambone potrebbe essere ottimo un illuminamento di almeno 300 lx ovunque, analogamente per l'altare fra i 300 ed i 400 lx sia per le superfici orizzontali che per quelle verticali rivolte verso l'assemblea (non "il pubblico", per lo stesso discorso fatto precedentemente di distinguere una messa da una rappresentazione teatrale). Da ultimo non si scordi l'effigie del santo o del mistero cui è dedicata la chiesa, chiamata ancona, che è posta nell'abside: per valorizzarla si potrebbe optare su un illuminamento di 200 lx. Oltre all'illuminamento, si deve tener conto di altri parametri per avere un elevato comfort visivo, quali la resa cromatica elevata (CRI o Ra \geq 90), tonalità di luce bianca calda con temperatura di colore compresa fra 2500 e 3000 K ed indice di abbagliamento UGR \leq 13.

Tramite la luce si crei "un'atmosfera nobile, accogliente e festosa"⁴, si faccia "risaltare l'importanza dei luoghi celebrativi, secondo i rispettivi significati proporzionali"⁵ (battistero, presbiterio, aula, confessionale, ...), si faccia in modo di non creare, al contrario, distrazioni visive, perciò anche l'illuminazione delle opere d'arte sia comunque "in armonia con il carattere proprio del luogo"⁶. Oltre alle esigenze primarie di luminosità, si considerino nel progetto illuminotecnico i bisogni più comuni per la liturgia, ma anche quelli per eventi meno frequenti; in qualunque modo vengano assicurati, non si trascurino gli eventuali antichi corpi illuminanti, spesso frutto di una capacità manifatturiera artigianale, ed anzi li si valorizzi e li si sfrutti.

Oggigiorno si sente l'esigenza di poter adattare i sistemi di illuminazione alle varie situazioni di impiego: non basta, cioè, che forniscano la luce necessaria ad una

⁴ Cfr. CEI, Commissione episcopale per la liturgia, Nota pastorale, *L'adeguamento delle chiese secondo la riforma liturgica*, Roma 31 maggio 1996

⁵ Ivi, n 55

⁶ Ibidem

specifica applicazione. Ciò va incontro anche all'obiettivo di massima efficienza energetica dell'impianto.

Un sistema di controllo DALI (acronimo inglese di *digital addressable lighting interface*, interfaccia digitale destinata alla luce, per la gestione della luce) permette la gestione dell'impianto, parti di esso o singole lampade, sia per quanto riguarda l'accensione e lo spegnimento (on/off) ma anche la regolazione (dimmerazione). Ciò, ovviamente, ha un costo aggiuntivo, ma permette allo stesso tempo un risparmio economico correlato al risparmio energetico. Il protocollo DALI è attualmente gestito dal consorzio DALI Alliance (o DiiA) e regolamentato dallo standard EN 62386 (mutuata da IEC 62386). Esso rappresenta la naturale evoluzione dei sistemi di controllo della luce e ne estende le possibilità. I suoi principali vantaggi sono:

- Semplicità d'installazione: un semplice doppio cavo agisce da canale di trasmissione su cui gli apparecchi possono agganciarsi senza limitazione di tipologia né polarità
- Robustezza di segnale: la natura digitale permette una interpretazione univoca del messaggio di controllo e la possibilità di rigenerazione per estendere le dimensioni del sistema
- Possibilità di definire gruppi d'apparecchi e scenari luminosi (uno dei cardini del progetto)
- Naturale integrazione con sistemi di building management system

Nel nostro caso quel che ci interessa di più è la possibilità di definire scenari scegliendo i corpi ed i flussi, ad esempio: messa feriale, messa festiva, adorazione eucaristica, preghiera delle ore, concerto, semplice apertura della chiesa,... Per quanto riguarda la prima si tratterà di illuminare il presbiterio e poche panche, dato il piccolo numero di fedeli, per la seconda invece bisognerà illuminarle tutte, per l'adorazione principalmente il tabernacolo e l'altare, per le ore forse basta la zona del coro e delle panche, oltre all'ambone, mentre per il concerto la zona delle scale e per l'apertura anche il deambulatorio che diventa visitabile.

3. METODI E PROCESSI UTILIZZATI PER LA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO

3.1 Rilievo situazione attuale

Dalle tavole del progetto del 1994 si evince l'elenco dei corpi illuminanti presenti nella Basilica e nella cripta, riportati rispettivamente nelle tabelle 3 e 4.

Tabella 3 – Corpi illuminanti presenti nella Basilica

Corpo illuminante	Tipologia lampada	Collocazione
Faretto	Alogena 12 V	Per il tabernacolo
Proiettore asimmetrico	JM-TS da 250, 150, 70 W	Su capitello per cappelle, sul cornicione per le volte, sui capitelli illuminazione indiretta deambulatorio, per il presbiterio
Proiettore	SAP da 400 W	Dal cornicione per le cantorie
Proiettore	JMT da 400 W	Su capitello per presbiterio
Proiettore	SAP da 150 W	Da capitello verso il coro
Proiettore	Alogena dicroica 1x35, 1x50, 3x50 W	Ad altezza uomo per cappelle
Proiettore a fascio concentrato	Alogena dicroica 3x50 W	Su capitello per fregio
Nota - JM: a ioduri metallici; SAP: a vapori di sodio ad alta pressione; alcune schede tecniche sono disponibili in Appendice		

Tabella 4 – Corpi illuminanti presenti nella cripta

Corpo illuminante	Tipologia lampada	Collocazione
Faretto a fascio concentrico	Alogena dicroica 1x50 W	Nel deambulatorio su un capitello per il crocifisso
Faretto	Alogena 150 W	Ovunque sulla cornice

In quasi trent'anni qualche lieve modifica è stata apportata, perciò di seguito si riportano alcune fotografie dello stato attuale.



Figura 8 – A sinistra: Sopra l'ingresso, puntata verso il fregio del lato opposto. A destra: Da un capitello, verso il fregio dal lato opposto e della controfacciata

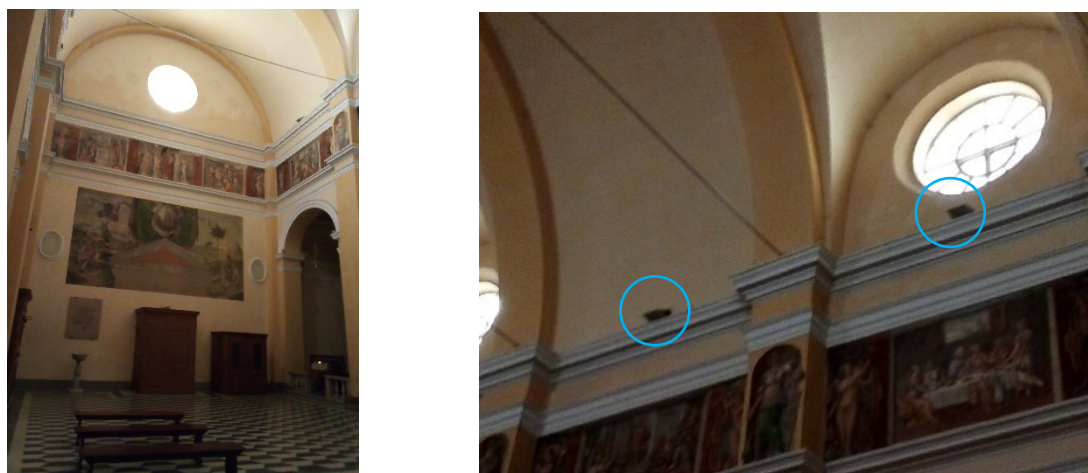


Figura 9 – A sinistra: controfacciata. A destra: proiettori per l'illuminazione indiretta delle volte della navata

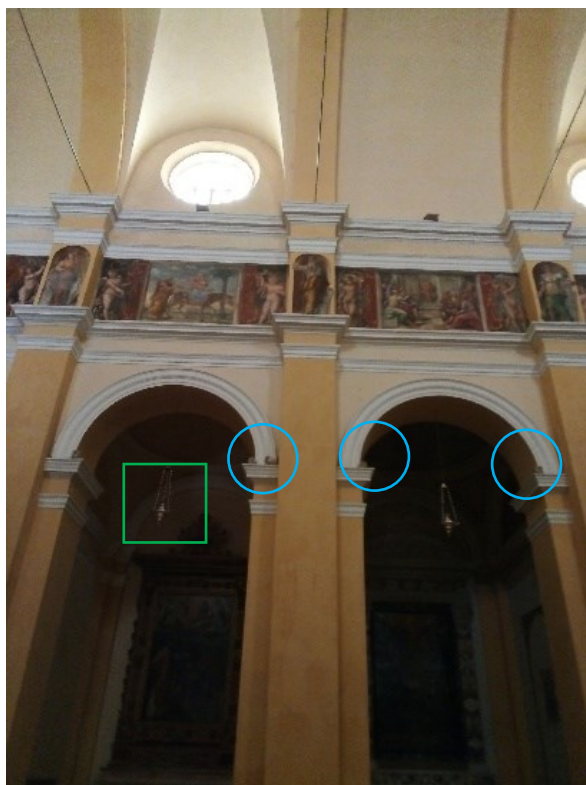


Figura 10 - Scorcio generale della navata lato sinistro; da sinistra: un lampadario appeso e tre faretti per l'illuminazione incrociata del fregio.



Figura 11 - Due scorci di due cappelle laterali; da notare i proiettori per l'illuminazione indiretta.



Figura 12 – Proiettore collocato a meno di due metri di altezza e nascosto per illuminare la pala di una cappella laterale



Figura 13 - Sopra: scorcio dallo scalone in cui si possono vedere gli archi del passaggio per la cripta (sotto, con i due proiettori sui capitelli per l'illuminazione indiretta) e vicino alla cantoria



Figura 14 – Nel percorso verso la cripta si hanno un proiettore per l'illuminazione diretta del piano di calpestio, un proiettore per l'illuminazione indiretta ed un faretto rivolto verso una parete.



Figura 15 - a sinistra: nella zona della cantoria si ha illuminazione indiretta dai capitelli bassi, mentre diretta verso la cantoria con l'organo (non l'altra) dal cornicione con un altro proiettore, a destra: vicino alla cantoria si ha illuminazione indiretta dal capitello



Figura 16 - Illuminazione indiretta del deambulatorio con vari proiettori uguali a quelli posti in basso nelle cappelle



Figura 17 - Sinistra: uno dei quattro pilastri che reggono la cupola, in particolare uno dei due lato scalone. Si può vedere la vela in cui è rappresentato un Evangelista, parte del tamburo ottagonale e della cupola; nel cornicione della cupola, in corrispondenza delle finestre c'è un proiettore per illuminare la cupola stessa. Destra: particolare dei proiettori: sul capitello inferiore tre per illuminazione diretta e un faretto per il tabernacolo, sul capitello superiore due proiettori per diretta ed uno per indiretta per l'Evangelista

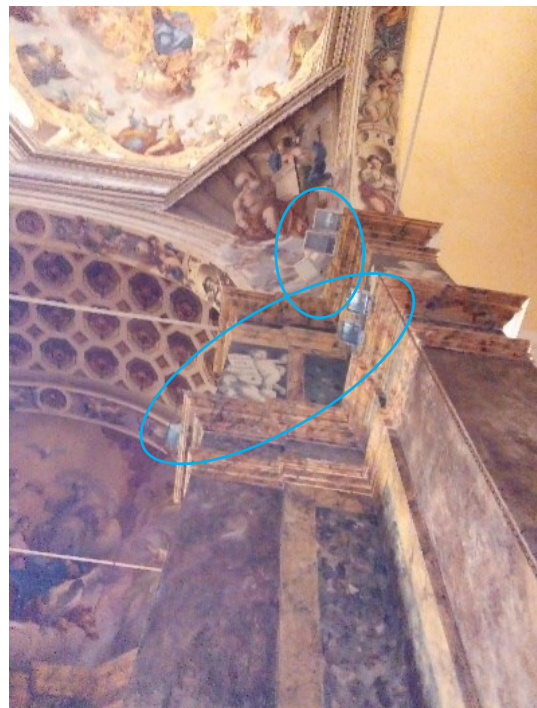


Figura 48 - Sinistra: pilastro lato coro. Destra: particolare dei proiettori: sul capitello inferiore tre per illuminazione diretta e su quello superiore due proiettori per diretta e uno per indiretta, come nei pilastri lato scalone

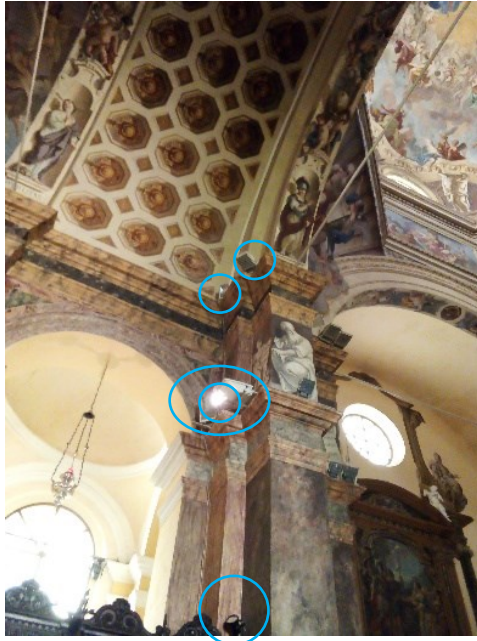


Figura 59 - Sinistra: per l'illuminazione della zona del coro dall'alto verso il basso: proiettori sul capitello in alto per il catino absidale e l'illuminazione diretta, su quello basso uno per l'illuminazione indiretta (uno per l'abside e due faretti per la statua della Madonna) ed un faretto subito sopra il coro. Destra: il catino absidale ha un'illuminazione dai toni molto caldi che verrà sostituita.

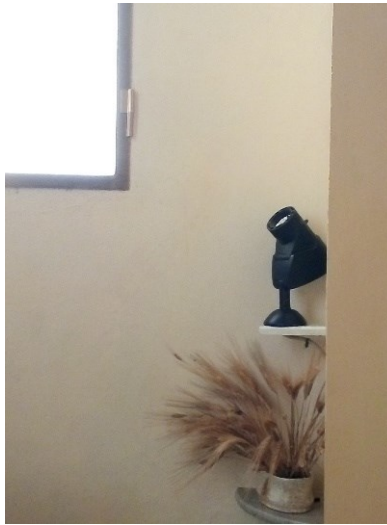


Figura 20 - Sinistra: illuminazione indiretta della cappella centrale del deambulatorio con proiettore. Centro e destra: faretti usati per illuminare le sculture delle cappelle del deambulatorio

CRIPTA



Figura 61 - Sinistra: luce ad uno dei due ingressi della cripta. Destra: questo tipo di proiettore è presente quasi ovunque nella cripta per l'illuminazione indiretta delle volte



Figura 22 - i due faretti che si trovano nel deambulatorio



Figura 73 - Proiettore per illuminazione indiretta della zona del coro



Figura 24 - Proiettore per il piano di camminamento della zona del coro



Figura 8 - Sinistra: illuminazione per la zona dell'altare. Destra: particolare di un corpo illuminante usato per illuminare la zona dell'altare ma anche per l'illuminazione diretta delle panche



Figura 26 - Corpo illuminante centrale nella zona dell'altare da varie angolazioni; si noti il bagliore residuo nella lampada allo spegnimento



Figura 27 -9 Illuminazione della cappella centrale. Si noti la presenza delle vetrate.



Figura 28 -10 In senso orario: per l'illuminazione dell'affresco, particolare di un corpo usato per l'affresco da due angolazioni, acceso o spento

3.2 Individuazione dei criteri di illuminazione delle varie parti dell'abbazia

Lavorare con l'illuminazione, e parlarne, non è semplice: pur esistendo alcune norme a riguardo, molte scelte sono di tipo stilistico, estetico e di gusto, ma non perciò scriteriate, anzi, con logica e senso.

Dunque, vediamo come dovrà apparire o come si è pensato il progetto della nuova illuminazione.

Entrando in chiesa si sarà accolti dalla luce che illuminerà il pavimento, le volte, il fregio affrescato e le cappelle; si tratta di un effetto che già si può avere nelle giornate di sole, in cui la luce penetra dalle finestre circolari poste in alto, ma anche con il precedente impianto di illuminazione, che però aveva valori di illuminamento (in lux) minori.

Inoltre il relamping delle cappelle si avvale dell'aggiunta di corpi illuminanti e di un ripensamento dei puntamenti.



Figura 29 -11 la navata della Basilica con lo scalone che porta al presbiterio

Lo **scalone** è spesso usato per concerti e spettacoli, motivo in più per avere un occhio di riguardo a proposito della sua illuminazione, oltre ad una ovvia questione di sicurezza.



Figura 30 - Tutta la zona del presbiterio

Molte panche si trovano nel presbiterio, ma fuori dalla balaustra che circonda la zona delle mense della Parola (l'**ambone**) e dell'Eucarestia (l'**altare**) che si è scelto di valorizzare con una illuminazione cosiddetta d'accento, come anche il **tabernacolo** e la **sede** del celebrante. Altre panche si trovano ai lati e si è scelto di illuminarle col principale scopo di consentire ai fedeli di usufruire dei foglietti riportanti le letture della Messa, dei libretti per la recita della preghiera delle ore o di quelli dei canti liturgici.

Si è scelto di illuminare le **cantorie** e le volte soprastanti cercando di nascondere i corpi illuminanti almeno ad un primo sguardo; tale criterio è sempre stato perseguito.

Oltre l'altare c'è la zona del **coro** riservata ai monaci, per la quale ci si è attenuti allo stesso criterio di illuminazione delle panche, ma con due distinguo fondamentali: il primo è che il coro ligneo ha una certa rilevanza artistica, per cui è bello anche solo da vedere, il secondo è che sono presenti dei lampadari a mensola di ferro a guisa di fiori che hanno lo scopo proprio di agevolare ai monaci la lettura; questi corpi in realtà non sono soggetti all'intervento di relamping perché vi sono già state sostituite le lampadine precedenti con altre a led.

Il **catino absidale** è degno di nota, affrescato con l'immagine dell'incoronazione della Vergine. Confrontando le due illuminazioni, la differenza è lampante, proprio per via di scelte tecniche differenti, dovute ad un diverso pensiero all'origine. Difatti, la luce estremamente calda presente finora e dovuta alle lampade al sodio, era stata scelta

per rendere un'atmosfera dorata, simbolica della gloria del Cielo, similmente allo sfondo dei mosaici bizantini o delle icone. Il criterio perseguito nel nuovo progetto è, invece, la piena resa cromatica dell'affresco.

Ma forse più evidente è la **cupola**, con pennacchi e tamburo, che deve essere avvolta di luce per una precisa scelta del costruttore che ha posto lassù delle finestre circolari e per via del tema rappresentato nell'affresco: L'assunzione di Maria.



Figura 31 - La cupola affrescata

Il deambulatorio assume importanza in quanto in esso sono presenti moltissimi ex voto; perciò l'illuminazione di questo ambiente non ha altro scopo che permettere il passaggio per vederli.



Figura 32 - La cripta

Diverso è l'ambiente della **cripta**: essendo usata come cappella feriale invernale, sono stati utilizzati gli stessi criteri per l'illuminazione della Basilica durante la messa e la preghiera. Tuttavia, essendo la cripta per sua natura un luogo adibito ad una penombra che invita al raccoglimento, nelle zone di passaggio si è preferita una illuminazione indiretta, ossia rivolta verso l'alto.

3.3 Individuazione dei corpi illuminanti, dei puntamenti e delle ottiche da utilizzare

Date le elevate altezze in cui si sarebbero posizionati, la scelta dei corpi illuminanti è caduta su proiettori che, quasi per definizione, hanno lo scopo di illuminare anche a grandi distanze ed in modo piuttosto controllato. La ditta Exenia, cui si è chiesta collaborazione per il progetto, ha proposto di usare in particolare i suoi proiettori Revo per le caratteristiche meccaniche, costruttive ed ovviamente illuminotecniche, con particolare attenzione alla capacità di regolare l'ottica e sagomare l'emissione luminosa (con lenti e/o diaframmi particolari), regolare localmente il flusso luminoso emesso ed evitare fenomeni di abbagliamento.

Sul cornicione in quota si è ipotizzato inizialmente di collocare dei binari elettrificati, su ognuno dei quali collocare numerosi proiettori Spot Revo Compact e Medium, per illuminare la navata, il fregio affrescato con scene della vita di Maria, l'affresco della controfacciata e le volte a botte. Sul cornicione per illuminare le volte a crociera si trova anche l'unico corpo illuminante della Basilica che non è un proiettore: infatti in prossimità delle finestre circolari si è pensato di posizionare un elemento lineare a LED per simulare, in sua mancanza, l'ingresso della luce solare.

Per quanto riguarda le cappelle, invece, essendo più piccole e non accessibili alle persone, si è ipotizzato di collocare un proiettore multi-ottica, in particolare Museo Revo Small 2x10 W posto sui capitelli; le due teste sono orientabili indipendentemente e possono anche avere ottiche diverse a seconda dello scopo o compito luminoso.

Stesso corpo e stessa logica si è pensato di usare anche per il deambulatorio, mentre per le sue tre cappelle si è pensato comunque a dei Museo Revo, ma Mini 3x5 W, e per le zone delle cantorie si è optato per dei Museo Revo Compact.

Più complessa è la questione dell'illuminazione di tutto il presbiterio, in quanto è la zona fondamentale per la liturgia ed in essa sono presenti tanti elementi importanti da

valorizzare con le giuste priorità; come se non bastasse, è anche la zona più complessa architettonicamente dato che al livello del pavimento si ha un'area all'incirca quadrata delimitata da quattro pilastri ed in alto il volume culmina con una cupola ottagonale affrescata, ma c'è anche la retrostante zona dell'abside con il coro (d'altronde la Basilica fa parte di un'abbazia benedettina), la statua della Madonna del Monte (cuore del santuario e che dà il nome all'intero complesso) ed il catino absidale anch'esso affrescato. Non è questo il luogo per descrivere la struttura e l'arte presente, ma questo breve spaccato sia sufficiente a render ragione della complessità e della vastità del progetto in questa zona. L'intera zona dell'abside sarà illuminata da dei proiettori Museo Revo Compact, il presbiterio coi suoi vari fuochi liturgici da dei Museo Revo Compact e Max così come le vele, il tamburo e la cupola; in tutte le volte, ma soprattutto nella cupola lo scopo dell'illuminazione è aiutare a percepire la spazialità della Basilica, senza appiattire i volumi.



Figura 123 - La statua della Madonna del Monte

La differenza fra i proiettori Spot Revo e quelli Museo Revo sta nel tipo di sospensione; difatti, se i primi, come affermato in precedenza, sono proiettori installati su un binario

(poi scartati), i secondi sono invece proiettori a base. La dicitura successiva indica il diametro (in ordine decrescente: Max, Compact, Medium, Small o Mini): esso però non è correlato con la potenza luminosa, bensì lo è l'ottica. Per esempio sia un Museo Revo Compact sia uno Medium con ottica Very Narrow Spot (9°) hanno una potenza di 8,2 W, il quale è un valore di potenza addirittura minore rispetto al Museo Revo Small citato in precedenza (2 x 10 W indica la potenza assorbita dall'apparecchio, mentre quella della lampada è di 9,2 W).

Tornando al progetto, dovrebbe essere chiaro che anche le ottiche non possono essere scelte in maniera casuale, ma con criterio. Così per il pavimento della navata è adatta un'ottica Narrow Flood (25°), considerando anche il corpo scelto chiaramente, in questo caso Spot Revo Compact. Affresco e fregio invece non hanno la stessa ottica: per il primo una Narrow Flood (25°), mentre il secondo necessita di un'ottica ellittica per avere al contempo una distribuzione omogenea del flusso e senza sprechi. Nelle cappelle si è pensata un'ottica Wide Flood per la volta ed una Flood per l'altare. Finora si è trattato di ottiche simmetriche (compresa l'ellittica), diversamente per l'illuminazione della volta a botte si è preferita un'ottica asimmetrica (Grazing Washer) particolarmente indicata per quest'utilizzo.

Per quanto riguarda il puntamento e la collocazione si sono sempre usate le stesse idee chiave:

- Illuminazione diretta incrociata
- Illuminazione diretta d'accento
- Illuminazione indiretta spesso incrociata
- Posizionamento in alto solitamente e nascosto

Vale la pena ricordare che per 'illuminazione diretta' si intende di solito quella verso il basso o comunque col fascio di luce rivolto direttamente, appunto, verso l'oggetto da illuminare, sia esso anche un dipinto od un affresco. Per 'illuminazione indiretta' si intende, al contrario, una verso l'alto: verso le volte ed i soffitti.

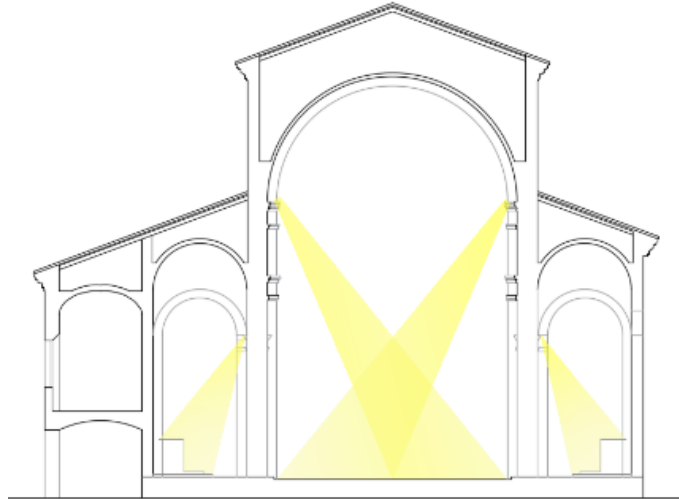


Figura 134 Sezione della navata in cui si possono vedere i fasci incrociati

Per 'illuminazione incrociata' si intende invece che una lampada posta in una certa posizione sarà puntata verso il lato opposto; così, ad esempio, i fasci nella navata sono incrociati da un lato all'altro oppure i corpi posizionati sul capitello destro di una cappella illumineranno la porzione di volta che si trova a sinistra e viceversa: vedi la figura 34. Questa scelta ha lo scopo di rendere l'illuminamento omogeneo.

"Illuminazione d'accento" è una terminologia del linguaggio illuminotecnico che esprime la situazione in cui si usa la luce, solitamente un fascio concentrato e sagomato, per mettere in risalto un oggetto o una zona rispetto all'ambiente circostante. Essa è stata usata per la Statua della Madonna, il tabernacolo, l'ambone e l'altare che sono i perni della chiesa come santuario e dal punto di vista liturgico.

Infine, per quanto riguarda il posizionamento dei corpi illuminanti si è ipotizzato che fosse in alto e nascosto. Tale ipotesi ha almeno due motivi: il primo è che l'impianto elettrico per l'illuminazione presente è a norma, distribuito ovunque, soprattutto in zone inaccessibili quali il cornicione ed i capitelli, perciò usarlo è parsa la scelta più logica nonché vantaggiosa economicamente; il secondo motivo è stato chiamato da Exenia il criterio del "rispetto dei fedeli", che non devono essere mai aggrediti dalla luce, ma aiutati da essa a "vivere l'ambiente"; essa deve essere percepita come elemento naturale o essere invisibile, ovvero percepibile all'arrivo ma non alla partenza, cioè non deve essere visibile la lampada che altrimenti potrebbe causare dell'abbagliamento molesto. Conseguente a ciò è stata la scelta dei proiettori Revo, data la loro estetica, la loro meccanica e le lampade a LED che quasi azzerano i costi di manutenzione (che sarebbero oltremodo elevati, data la difficoltà a raggiungere posizioni così elevate).




Un discorso un po' diverso vale per la cripta proprio per via delle diverse caratteristiche del luogo. Una cripta è caratterizzata per antonomasia da penombra e raccoglimento, senza slanci verso l'alto. Essa nell'Abbazia è usata soprattutto come cappella invernale, ovvero al suo interno da ottobre ad aprile/maggio si celebra la messa feriale e si recita la preghiera "delle ore" che scandisce la vita dei monaci. La cripta non contiene opere di grande importanza se non una croce bizantina in pietra ed il sarcofago romano che accolse le spoglie di San Mauro (uno dei patroni di Cesena) e che funge da altare. L'intonaco bianco ha permesso di usare in genere l'illuminazione indiretta con barre a led di 50 cm disposte regolarmente lungo il deambulatorio che circonda tutta la cripta. Al centro si sono posizionate delle barre più lunghe (1,00 m e 1,80 m) anche con temperatura di colore un po' più fredda (4000 K invece dei soliti 3000 K) per sottolineare il passaggio alla Sagrestia ma assicurando la simmetria. Gli stessi elementi da 50 cm del deambulatorio sono stati posti quasi ovunque: anche nel coro e negli archetti laterali a sesto acuto della zona dell'assemblea per aumentare l'illuminamento nelle sedute. Per quanto riguarda le volte a crociera si è voluta porre l'attenzione sulla loro forma con quattro proiettori Museo Revo Mini con i fasci che ne seguono gli spigoli curvi incrociandosi; gli stessi corpi sono stati usati anche per l'illuminazione indiretta delle volte di tutte le cappelle posteriori (delle quali si voleva migliorare l'illuminazione) e diretta degli altarini delle due laterali, ma con ottiche diverse: per le crociere Narrow Flood e per le cappelle Flood. Gli stessi corpi illuminanti, con entrambe le ottiche, sono stati pensati per illuminare due opere minori nella parte sinistra del deambulatorio, dato che già c'erano dei faretti deputati a ciò, ed un proiettore dello stesso tipo (Museo Revo Mini), con ottica Narrow Flood, illumina l'armonium. Per l'illuminazione diretta dell'assemblea e dell'affresco sul fondo della navata si sono usati proiettori Museo Revo Medium Flood, mentre per quella della zona del presbiterio Museo Revo Small. Essendo essa il cuore durante la liturgia, presenta una maggior varietà di illuminazioni che si estrinseca in una varietà di ottiche. Frontalmente all'altare sarà Flood, di traverso Spot (d'accento), così come per il leggio dell'ambone. Per il coro due diverse ottiche: Wide Flood e dall'alto Flood.



Per quanto riguarda, invece, il posizionamento, vi erano minori possibilità che nella basilica, perciò risulta che quasi tutti i corpi illuminanti sono posti sui capitelli o sulla cornice di cui fanno parte o sulle pareti. Del primo gruppo, se così si può chiamare, fanno parte tutti quelli del deambulatorio, delle cappelle e tutte le barre a led, mentre nel

secondo si trovano i proiettori per il presbiterio, l'assemblea e l'affresco, avendo l'accortezza di metterli sulla parete in modo che per i fedeli siano nascosti sia per una questione estetica che per evitare dell'abbagliamento.

Nella seguenti pagine, nelle tabelle 5 e 6, si può trovare l'elenco dei corpi e delle ottiche scelti per il progetto definitivo della Basilica e della cripta; si tenga inoltre presente che alcuni proiettori Exenia della Basilica sono equipaggiati con tecnologia DALI e tutti sono di color sabbia per adattarsi al colore giallo predominante dei muri, mentre tutti i proiettori della cripta sono di color bianco per "mimetizzarsi" maggiormente sulle pareti imbiancate.




Tabella 5 - Corpi illuminanti per la Basilica

Modello proiettore	ottiche	immagine	uso
Museo revo compact 26W	NF 25° ENS ellittica stretta DWW wall washer NS 10° FL 35° SP 15°		Apparecchio a base da installare su cornice per illuminazione di molte aree dell'abbazia
Museo mini 1x 6W	media 21°		Apparecchio a base da installare in appoggio su cornice delle cappelle laterali, da utilizzare per l'illuminazione indiretta ed incrociata delle volte
Museo micro 3x 4,5W	media 28°		Apparecchio a base da installare in appoggio sulla spalletta che regge l'arco delle cappelle laterali, da utilizzare per l'illuminazione diretta dell'impianto d'altare e della mensa

Museo micro 2x 4.5W	media 28°	(rispetto a sopra cambia solo il numero di "teste")	Apparecchio a base da installare in appoggio sulla spalletta che regge l'arco delle cappelle laterali, da utilizzare per l'illuminazione diretta dell'impianto d'altare e della mensa
Lineare led profile l.300cm 43W	diffondente	/	Apparecchio lineare da installare in appoggio sulla cornice della navata sotto le finestre rotonde, pensati per l'illuminazione diretta delle unghie delle volte
Museo revo max 35W	NF 25° WF 50° GW grazing washer VN 8° FL 35° SP 14°		Apparecchio a base da installare in appoggio sulle cornici per illuminazione di molte aree dell'abbazia
Museo revo small 1x13W e 2x13W	flood 36°		Apparecchio a base da installare in appoggio sui capitelli degli archi del deambulatorio utilizzati sia per l'illuminazione diretta del camminamento che delle cupole presenti lungo il percorso
Museo revo mini 3x4,5W	flood 35°		Apparecchio a base da installare sulle spallette delle tre cappelle presenti

			nel percorso del deambulatorio, utilizzati per l'illuminazione generale dello spazio interno alle cappelle stesse
--	--	--	---

Tabella 6 - Corpi illuminanti per la cripta

Modello proiettore	ottiche	immagine	uso
Lineare Exenia strip led 3000 K 1000 mm 35 W o 15 W	diffondente	/	Illuminazione indiretta corridoio centrale
Lineare Exenia strip led 3000 K 500 mm 7,5 W	diffondente	/	Illuminazione indiretta di pressochè tutte le zone
Lineare Exenia strip led 4000 K 1400 mm 20 W	diffondente	/	Poi scartata
Museo Revo mini 1x4,5W	flood narrow flood		Faretti deambulatorio, illuminazione cappelle e organo
Museo Revo medium 17,3W	flood		Illuminazione affresco ed assemblea
Museo Revo small 1x9,2W	flood spot		Illuminazione diretta presbiterio

3.4 Utilizzo dei software di modellazione per la simulazione della nuova illuminazione

Durante tutto l'itinerario progettuale è comodo sfruttare programmi di simulazione illuminotecnica, anzi la simulazione è espressamente consigliata nella nota pastorale "L'adeguamento delle chiese secondo la riforma liturgica" già citata nel precedente capitolo, le quali parlano di simulazioni e verifiche sperimentali. Nel nostro caso la maggior parte del lavoro è stata svolta in collaborazione col personale di Exenia, modellando sia la Basilica che la cripta su DIALux evo. Esso è un software gratuito della azienda tedesca Dial e può essere usato sia per progetti di illuminazione interna che esterna, compresa quella stradale.

Il programma è strutturato secondo due barre degli strumenti organizzate "cronologicamente": quella principale è quella orizzontale che comprende le varie fasi del progetto da sinistra verso destra passando da "Progettazione", a "Luce", a "Oggetti di calcolo", ecc.; ogni volta che si seleziona una di queste icone si apre una seconda barra ma verticale, in modo che l'utente, anche se non molto esperto, possa essere guidato passo-passo nella redazione del progetto.

Dunque dopo aver disegnato l'architettonico anche in 3D, si procede posizionando i corpi illuminanti; un vantaggio è che si può scegliere da una vasta libreria oppure importare il preciso apparecchio, comprensivo delle sue caratteristiche illuminotecniche. Specificato il puntamento si può procedere col calcolo, ottenendo sia una simulazione semirealistica (un rendering) di come apparirà l'illuminazione, sia una mappa a falsi colori dell'illuminamento in ogni parte dell'ambiente; alcune impostazioni ulteriori permettono di scegliere cosa ed in che modo vedere l'ambiente in esame, nel quale ci si può muovere ovunque usando entrambi i tasti del mouse e la rotella. Inoltre, aggiungendo opportune superfici di calcolo si possono anche ottenere dal calcolo curve isolux e valori specifici delle grandezze in gioco, ad esempio per confrontarli con valori limite o consigliati. Man mano che la progettazione procedeva si è modificato il file, in modo da averlo sempre aggiornato, come accadeva per le planimetrie nelle tavole di Autocad LT.

4. RISULTATI: PROGETTO DI RELAMPING

4.1 Descrizione del progetto finale

A seguito di mesi di confronti, dialoghi, studi, calcoli, misure e visite in loco, raccomandate peraltro anche nella nota pastorale “L’adeguamento delle chiese secondo la riforma liturgica”⁷, si è arrivati a definire il progetto esecutivo finale del nuovo impianto di illuminazione interna della Basilica e della cripta. Si sono perciò individuati ed ordinati i corpi illuminanti con tutte le ottiche e gli eventuali accessori aggiuntivi a seconda del compito di ciascuno.

Tabella 7 - legenda dei corpi illuminanti della basilica

LEGENDA CORPI ILLUMINANTI					
ILLUMINAZIONE INTERNA					
	PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO COMPACT 26W Ottiche: NF (25,1 navata o 17,3 W presb), E NS (DALI), GW (17 W), NS (18,2 W), FL (25,1 W), SP (DALI) (35,1 W)		PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO MINI 1X6W Ottica: media		<i>PRESBITERIO</i>
	PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO MICRO 3X4,5W Ottica: media		PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO MICRO 2X4,5W Ottica: media		<i>DIRETTA E FUOCHI LITURGICI</i>
	PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO MAX 35W Ottiche: NF (35,8 W), WF (35,8 W), GW (17 W), VN (17,9 W), FL (35,8 o 32,8 W coro), SP (32,8 W) Controllo: ON/OFF O DALI		PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO SMALL 1X9,2W Ottica: FL		A MUSEO REVO MAX • ON/OFF • FL • 35,8 W PUNTAMENTO DIRETTO ILLUMINAZIONE GENERALE DAVANTI ALLA MENSA
	PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO MINI 3X4,5W Ottica: FL		PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO SMALL 2X9,2W Ottica: WF		B MUSEO REVO MAX • ON/OFF • NF • 35,8 W PUNTAMENTO DIRETTO ZONE DI PASSAGGIO SOTTO CANTORIE oppure PUNTAMENTO DIRETTO SULLA MENSA
					C MUSEO REVO MAX • ON/OFF • VNS • 17,9 W SPOT SUL TABERNACOLO
					D MUSEO REVO COMPACT • ON/OFF • NS • 18,2 W SPOT SU DUE AMBONI
					<i>INDIRETTA CUPOLA, PENNACCHI E TAMBURO</i>
					E MUSEO REVO MAX • ON/OFF • SP • 32,8 W SPOT SU EVANGELISTI
					F MUSEO REVO MAX • DALI • NF • 35,8 W PUNTAMENTO SU CUPOLA (CIRCA UNO SPICCHIO)
					G MUSEO REVO MAX • DALI • SP • 32,8 W PUNTAMENTO SU 1/2 DI TAMBURO
					<i>INDIRETTA CANTORIE</i>
					H MUSEO REVO MAX • ON/OFF • GWV • 17 W PUNTAMENTO VERSO L'ALTO PER ILLUMINARE ARCHI SOPRA GLI ORGANI
					<i>DEAMBULATORIO</i>
					<i>INDIRETTA E PERCORSO</i>
					I MUSEO REVO SMALL • 1X • ON/OFF • FL PUNTAMENTO VERSO IL BASSO
					L MUSEO REVO SMALL • 2X • ON/OFF • FL UNO PUNTATO VERSO L'ALTO, L'ALTRO VERSO IL BASSO
					<i>INDIRETTA SU ARCO E CATINO</i>
					M MUSEO REVO MAX • DALI • WF • 35,8 W PUNTAMENTO VERSO L'ALTO PER ILLUMINARE L'ARCO SOPRA IL CORO
					N MUSEO REVO MAX • DALI • FL • 35,8 W PUNTATI SUL CATINO ABSIDALE

A dimostrazione del fatto che i puntamenti siano molto importanti in un progetto illuminotecnico e soprattutto che lo sia la precisa correlazione fra un determinato corpo, la sua ottica e dove punta, oltre alle planimetrie che indicano il posizionamento di ogni apparecchio, se ne sono disegnate anche alcune con rappresentati i fasci luminosi.

⁷ Cfr. bibliografia

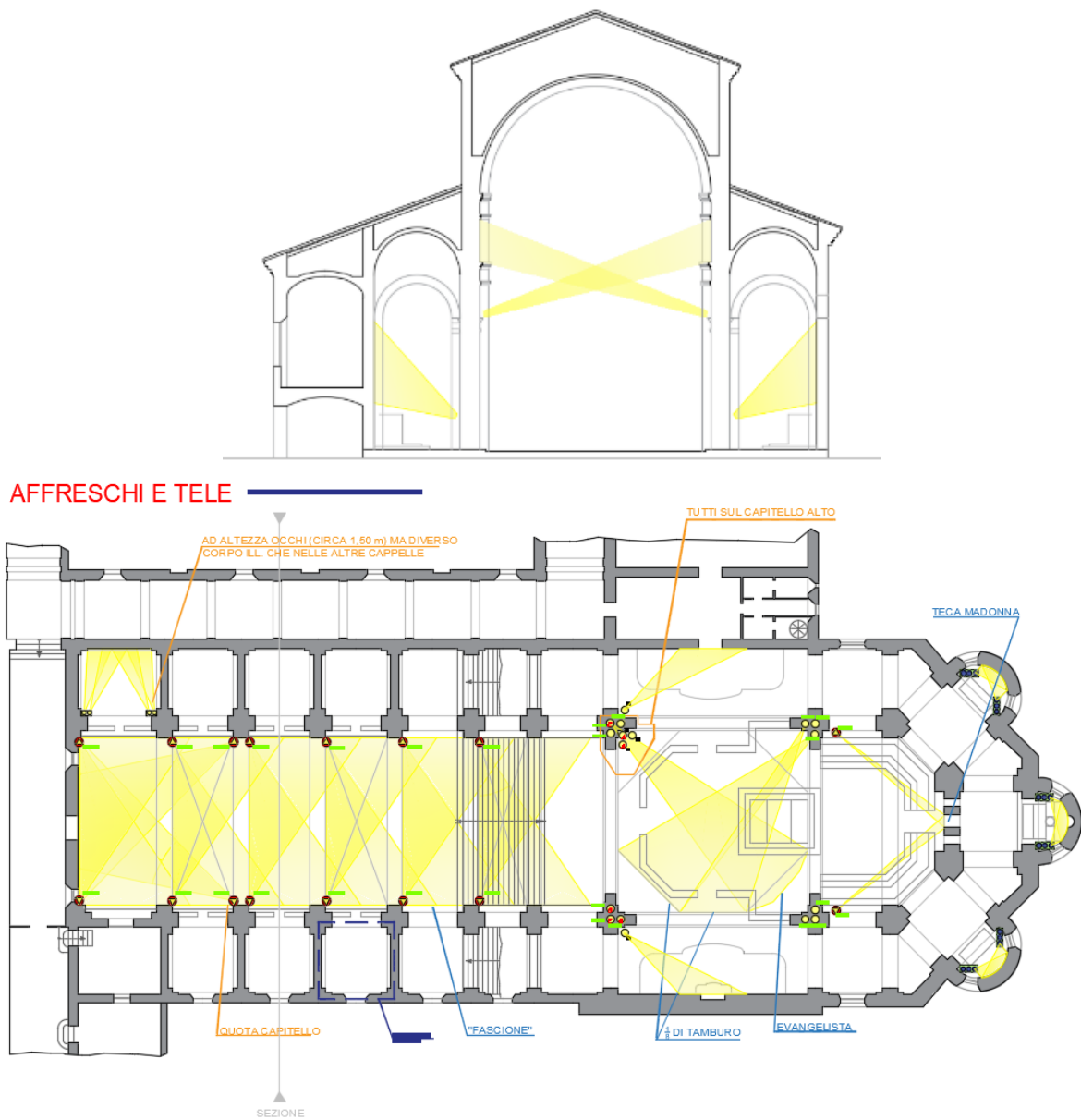


Figura 35 - pianta e sezione fasci di luce per le zone affrescate in particolare

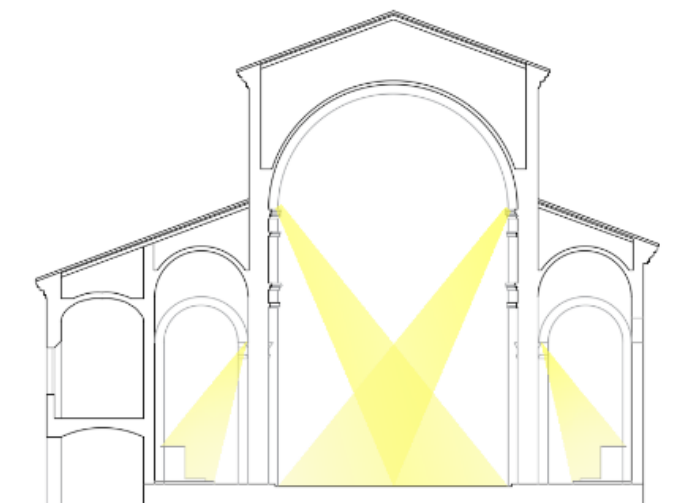


Figura 36° - sezione con i fasci di luce per i pavimenti, le scale ed altari

PAVIMENTI ED ARREDI (VERSO IL BASSO)

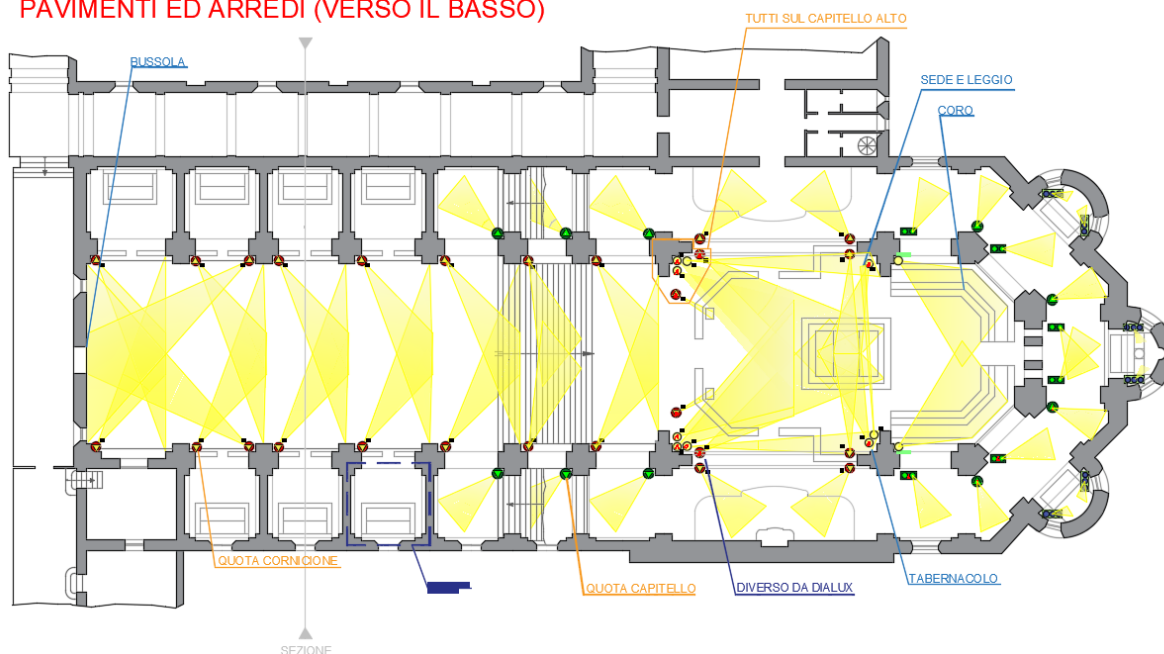


Figura 36b - pianta con i fasci di luce per i pavimenti, le scale, coro, altare ed ambone

Per i venti corpi che illuminano la cupola, il tamburo e gli Evangelisti, si è pensato di aggiungere, come accessorio, un vetro per impedire alla polvere ed agli insetti di accumularsi vicino alla lampada, fatto inevitabile data la conformazione del corpo ed il suo essere rivolto verso l'alto. La posizione arretrata della sorgente ed il colore nero dell'interno del cilindro sono accorgimenti che evitano l'abbagliamento, ma il primo sarebbe la causa dell'accumulo dello sporco se non si mettesse il vetro, considerando anche che, essendo i corpi posizionati molto in alto, la pulizia risulta pressoché impossibile.



Figura 147 - Struttura di un proiettore tipo

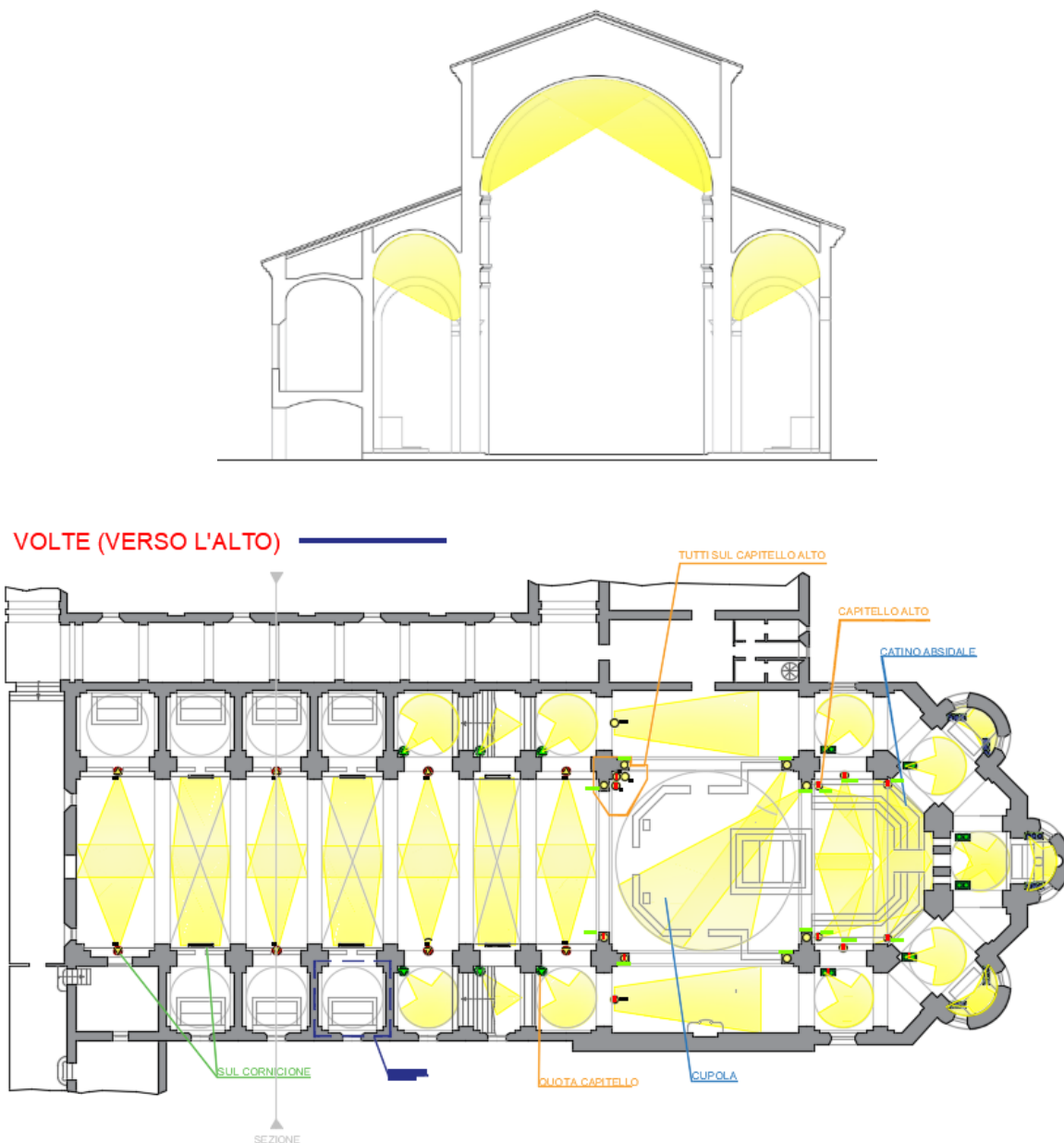


Figura 38 - Pianta e sezione coi fasci di luce verso tutte le volte della basilica.

CRIPTA

Oltre all'impianto di illuminazione della Basilica nel progetto era compreso anche quello della cripta, per il quale si è seguito lo stesso itinerario progettuale che ha portato all'identificazione definitiva dei corpi illuminanti ed alla redazione delle tavole del progetto esecutivo da cui sono tratte, analogamente che per la Basilica, la tabella 8 e le figure 39, 40 e 41.

LEGENDA CORPI ILLUMINANTI			
ILLUMINAZIONE INTERNA CRIPTA			
	 STRIP LED Marca: EXENIA Modello: SPECIAL 3000K 800mm 7,5W		 STRIP LED Marca: EXENIA Modello: SPECIAL 3000K 200mm 15W
	 PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO MINI 1X4,5W Ottica: FLOOD, NARROW FLOOD		 PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO MINI 2X4,5W Ottica: FLOOD e NARROW FLOOD, entrambe FLOOD
	 PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO SMALL 1X3,2W Ottica: FLOOD, SPOT		 PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO SMALL 2X3,2W Ottica: WIDE FLOOD, FLOOD, SPOT
	 PROIETTORE LED Marca: EXENIA Modello: MUSEO REVO MEDIO 17,3W Ottica: FLOOD Accessori: NDO D'APE		

Tabella 8 - Legenda dei corpi illuminanti della cripta

DIPINTI ED ARREDO

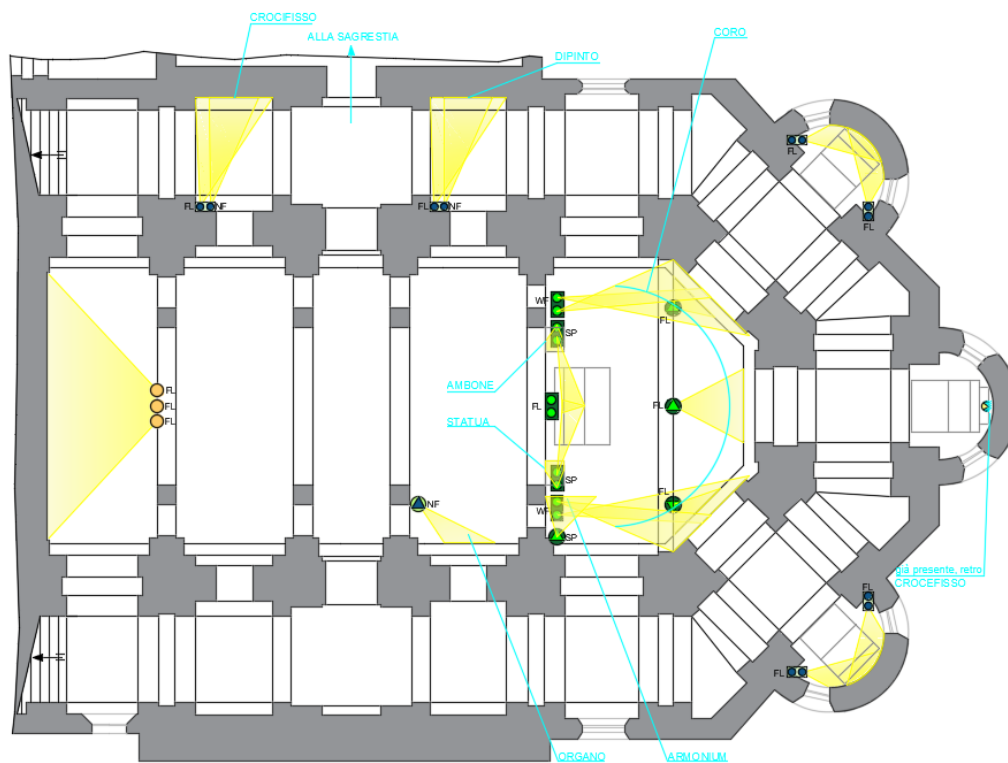


Figura 39 - Pianta coi fasci di luce per tutti gli arredi ed i dipinti

VOLTE

N.B.: i copririvoli verso fazzo avranno un vetro per non far entrare polvere ed insetti

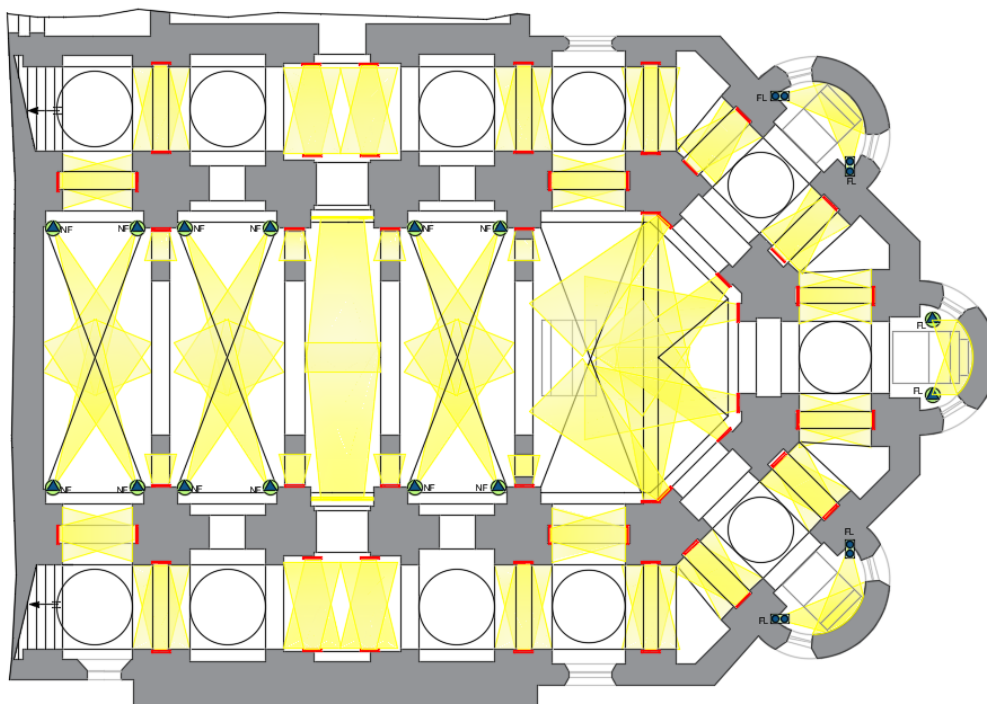


Figura 40 - pianta dei fasci di luce indiretta

PAVIMENTI

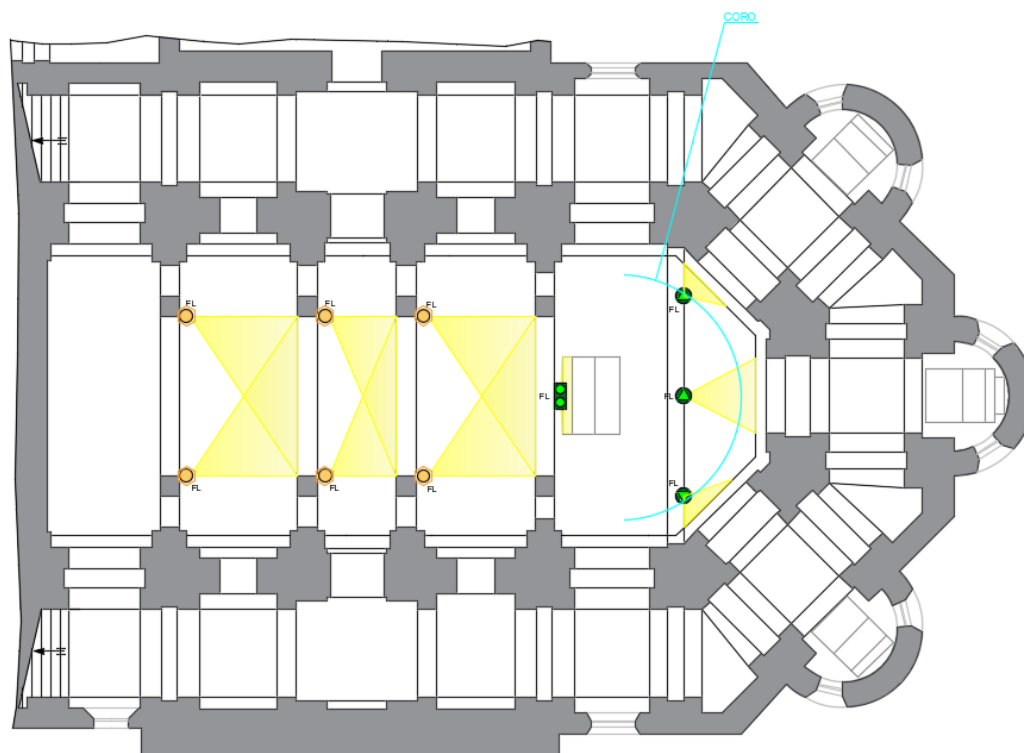


Figura 41 - pianta dei fasci di luce rivolti verso il pavimento

4.2 Risultati raggiunti a fine giugno 2023

A fine giugno 2023 solo una cappella risultava completata, in occasione della fine dei restauri del dipinto del Francia “La presentazione di Gesù al Tempio”; essa può essere considerata il paradigma delle altre presenti nella navata.



Figura 42 - Come appare una cappella con la nuova illuminazione

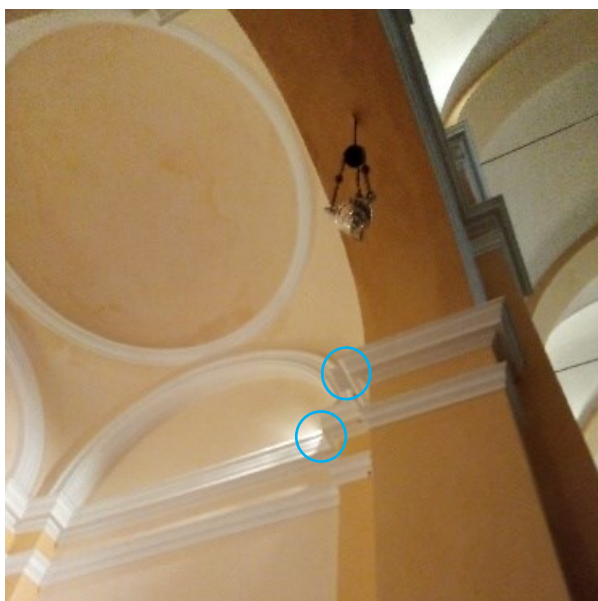


Figura 43 - particolare del proiettore per la luce diretta acceso, quella indiretta spento (entra la luce solare dalla finestra); da notare il lampadario appeso già presente

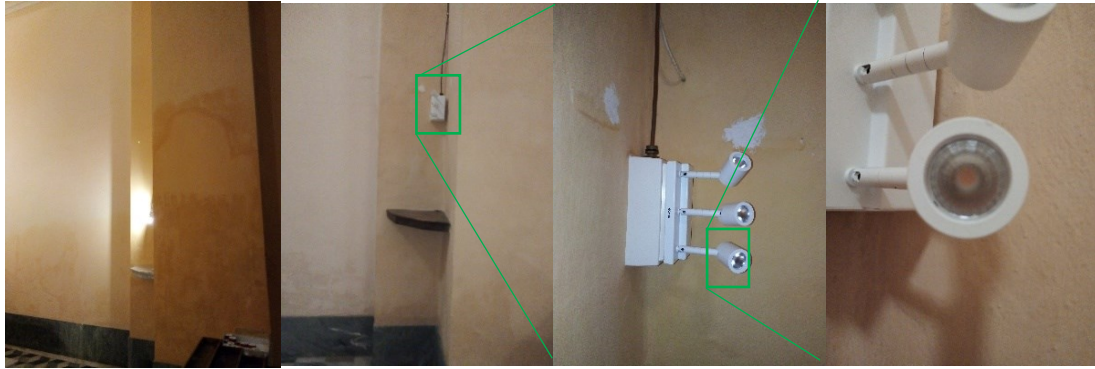


Figura 44 - Varie inquadrature e particolari del corpo illuminante Museo Micro

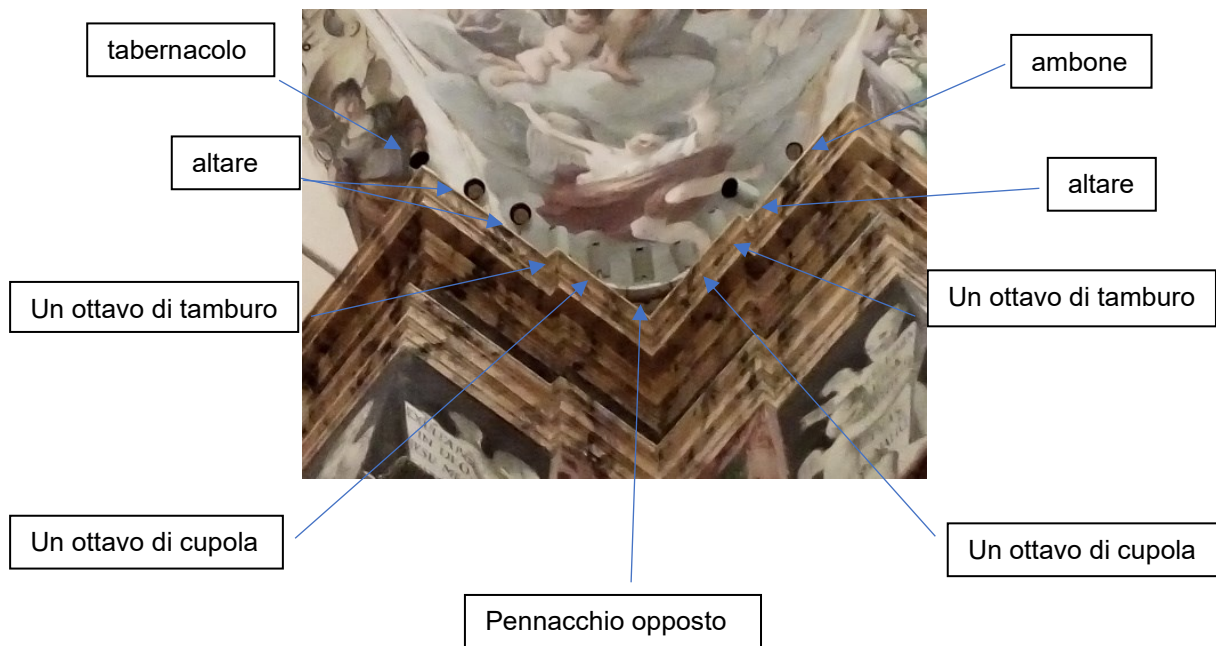


Figura 45 - Proiettori posizionati in uno dei capitelli alti del presbiterio

Per quanto riguarda la zona del presbiterio, che è forse la più interessante dal punto di vista progettuale, solo una piccola parte dei corpi previsti è stata montata a fine maggio 2023 per poter fare una prova dal vivo ed in situ dell'illuminazione. In particolare sono stati montati tutti e dieci i corpi previsti su un capitello in un singolo caso (figura 45) ed alcuni di quelli per l'illuminazione dell'abside. Qui si è riscontrato il problema di alcune ombre troppo nette, che può essere risolto curando con attenzione il posizionamento, mentre a seguito di quella prova in situ si è scelto di modificare alcune ottiche: per migliorare la visione del tamburo e per diminuire l'abbagliamento dovuto alle lampade destinate all'illuminazione delle cantorie.

4.3 Risultati dei calcoli e della modellazione



Figura 46 - Vista da sopra lo scalone del presbiterio, l'abside e la cantoria con l'organo



Figura 47 -15 Vista dall'ingresso del rendering della Basilica

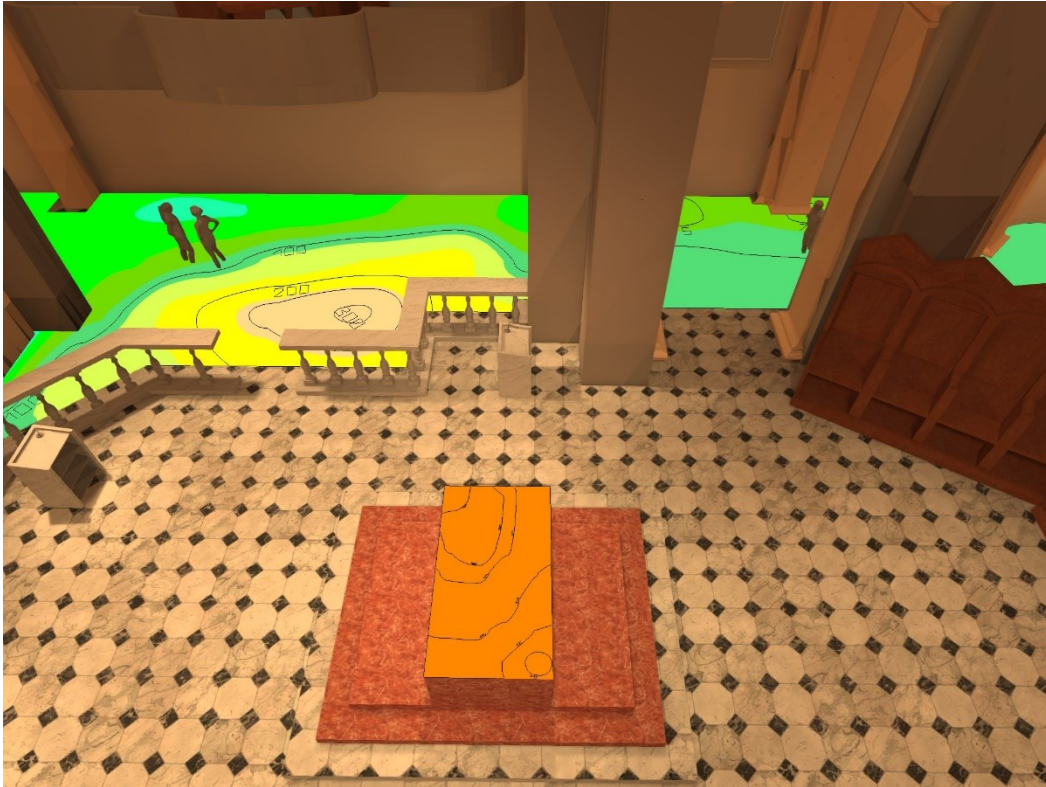


Figura 48 - In evidenza a falsi colori alcune zone del presbiterio: l'altare con più di 500 lx (si è considerato che tutte le lampade siano accese), le panche laterali ben illuminate (zona gialla), mentre sotto le cantorie ed il deambulatorio sono meno illuminati (verde)

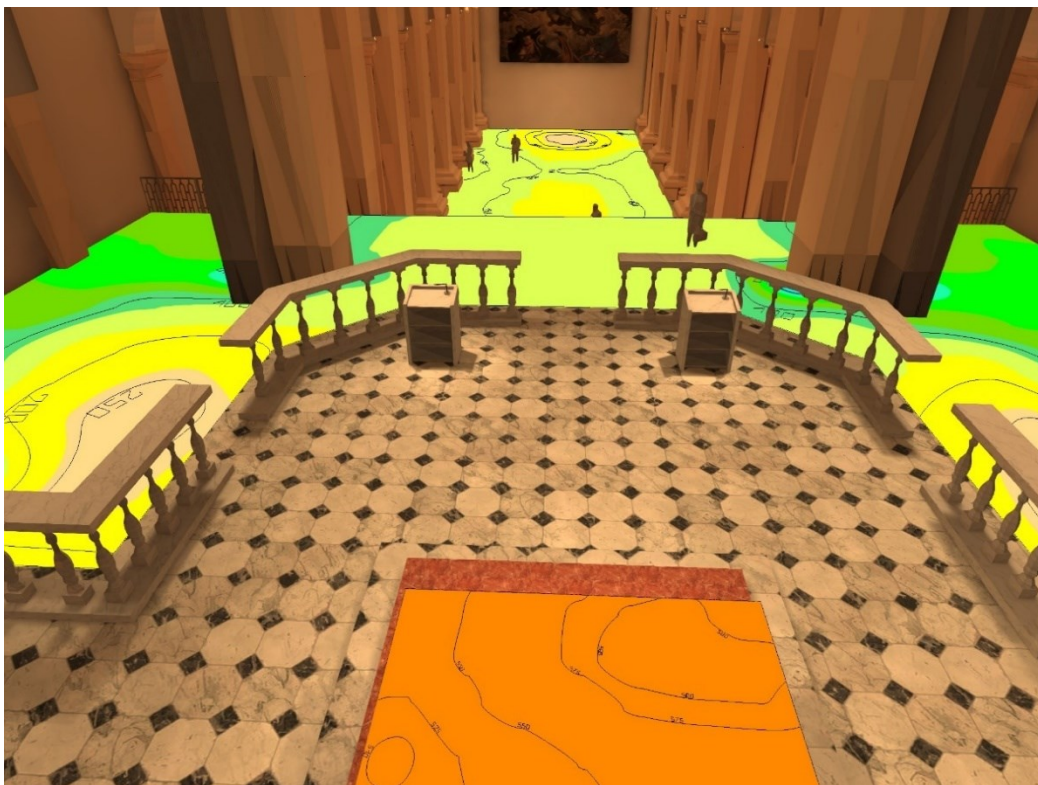
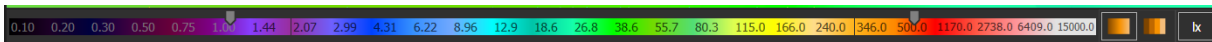


Figura 169 - Da quest'angolazione si può vedere che l'illuminamento è circa uniforme in tutta la navata centrale, anche salito lo scalone: è la zona dove c'è l'assemblea

CRIPTA:

Per quanto riguarda la cripta, diversamente dalla Basilica, i soli risultati ottenuti sono quelli a seguito del calcolo di DIALux evo, molto utili ai fini progettuali perché permettono di poter correggere gli errori. Ad esempio grazie a questa mappa a falsi colori si può notare un illuminamento non ben distribuito nell'assemblea: di conseguenza si capisce che i puntamenti andranno aggiustati in corso d'opera, ma allo stesso tempo tutto il pavimento del deambulatorio è poco illuminato come desiderato, mentre altare e ambone sono molto illuminati.

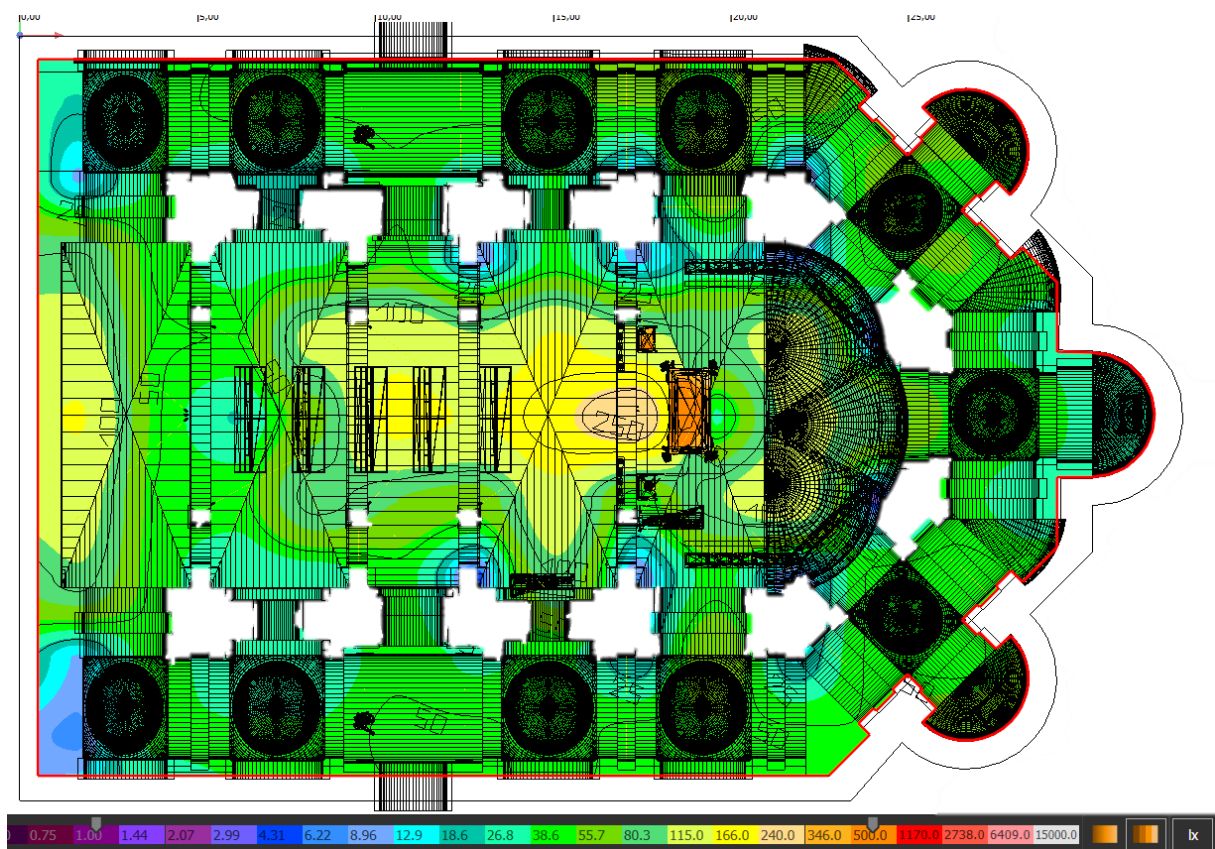


Figura 50 - Pianta della cripta con le curve isolux e scala dei falsi colori relativi all'illuminamento: al verde corrispondono circa 30 lx, al giallo 200 lx ed all'arancione 500 lx.

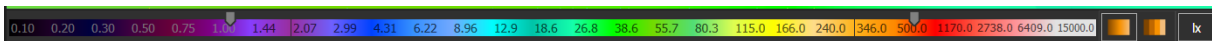
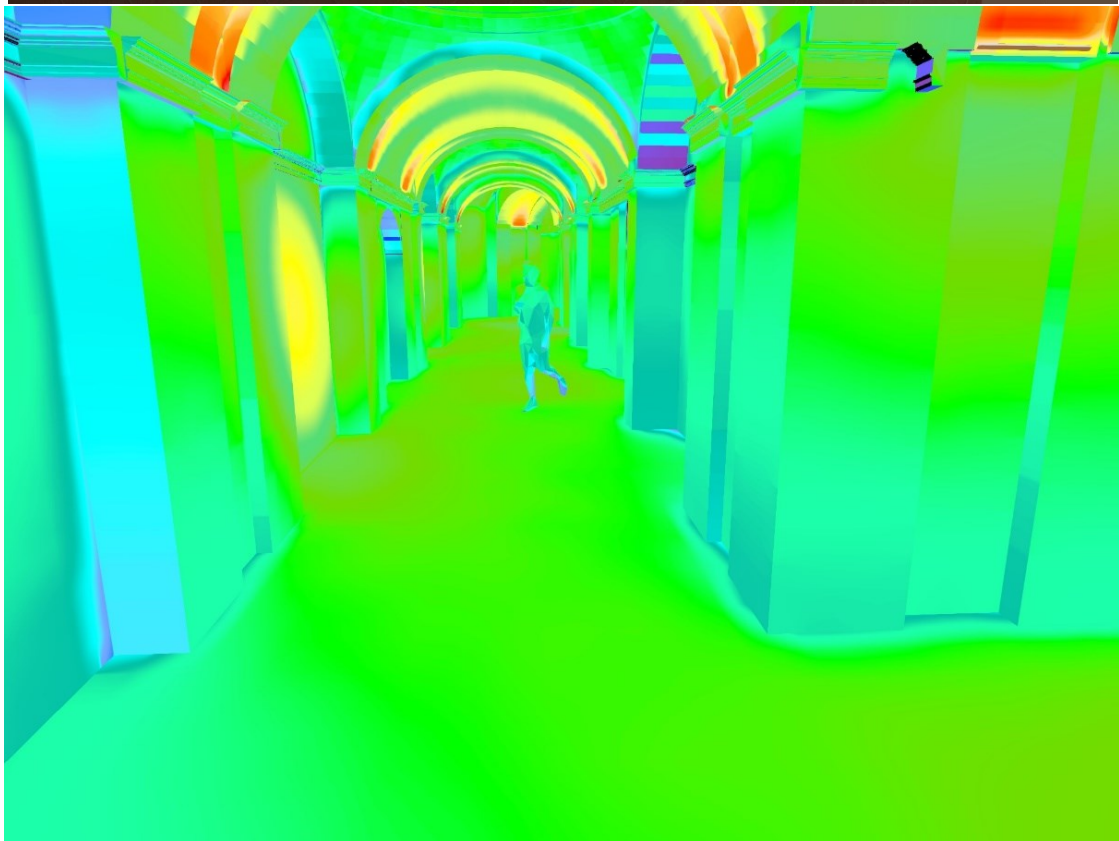
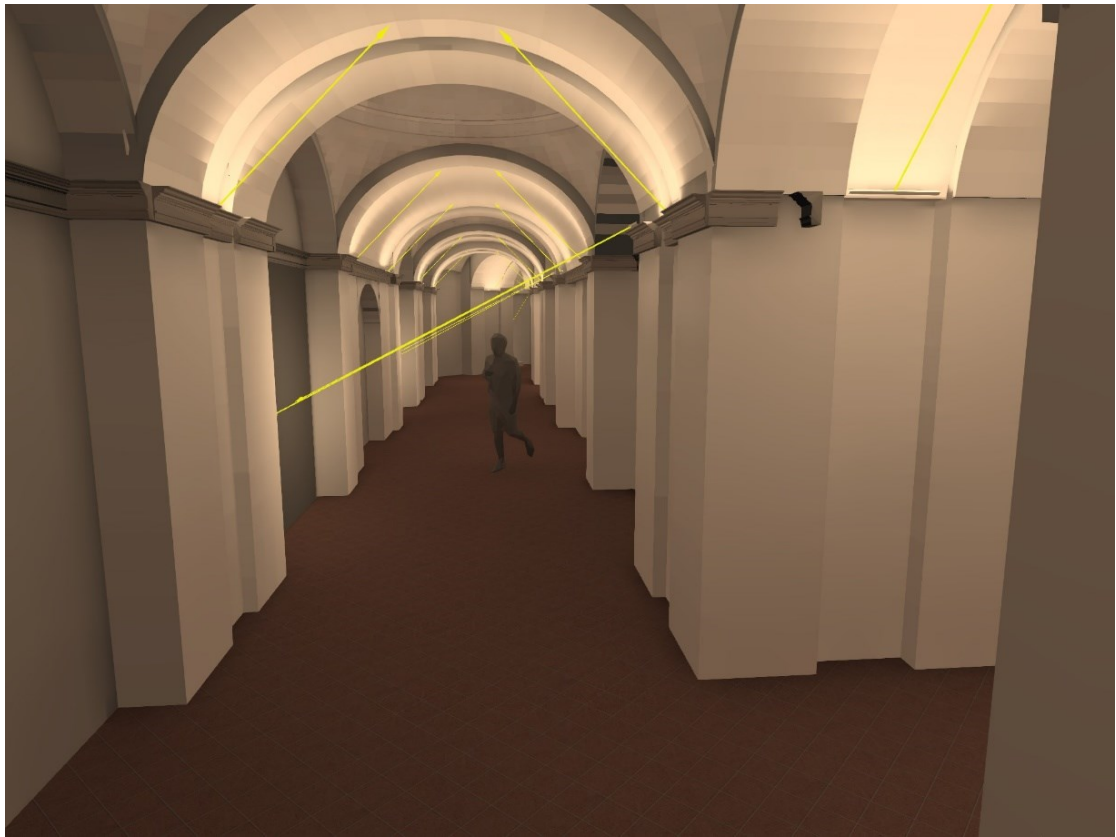


Figura 17 - Camminamento della cripta: l'illuminazione è indiretta per mantenere il raccoglimento
 Sopra: render e puntamenti – Sotto: simulazione a falsi colori



Figura 18 - Render e puntamenti di tutta la zona del presbiterio

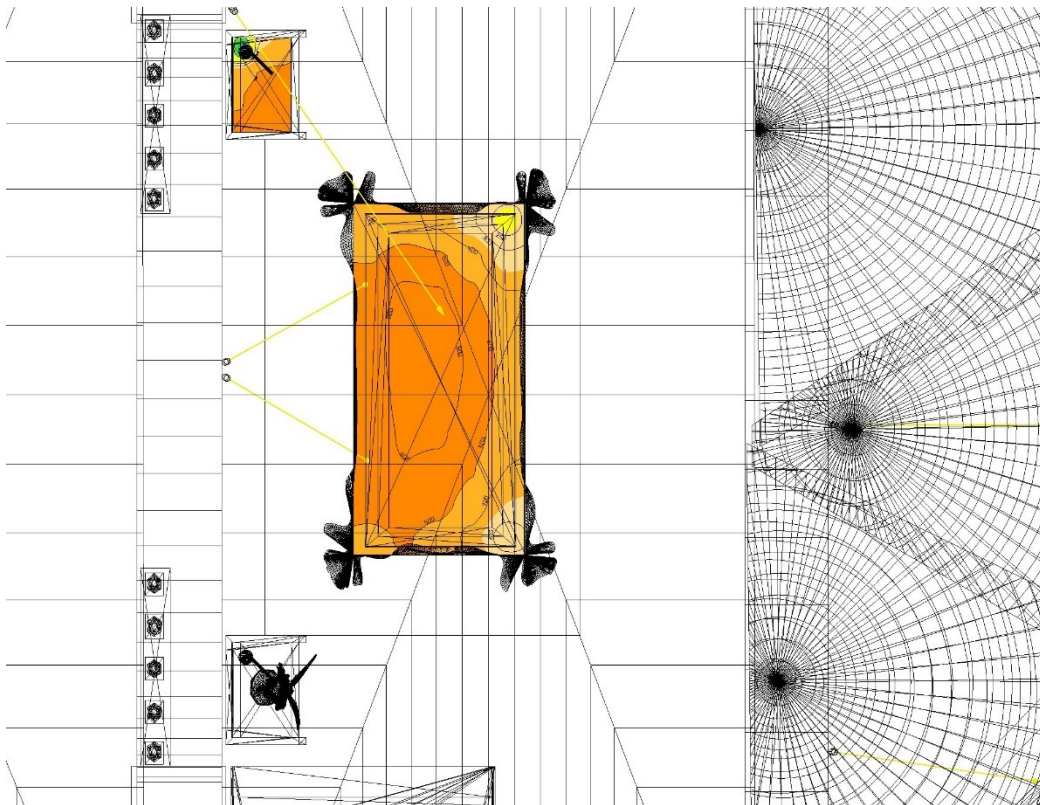


Figura 53 - L'altare e l'ambone della cripta sono molto illuminati (circa 500 lx) e si possono vedere anche alcuni puntamenti (le frecce gialle)

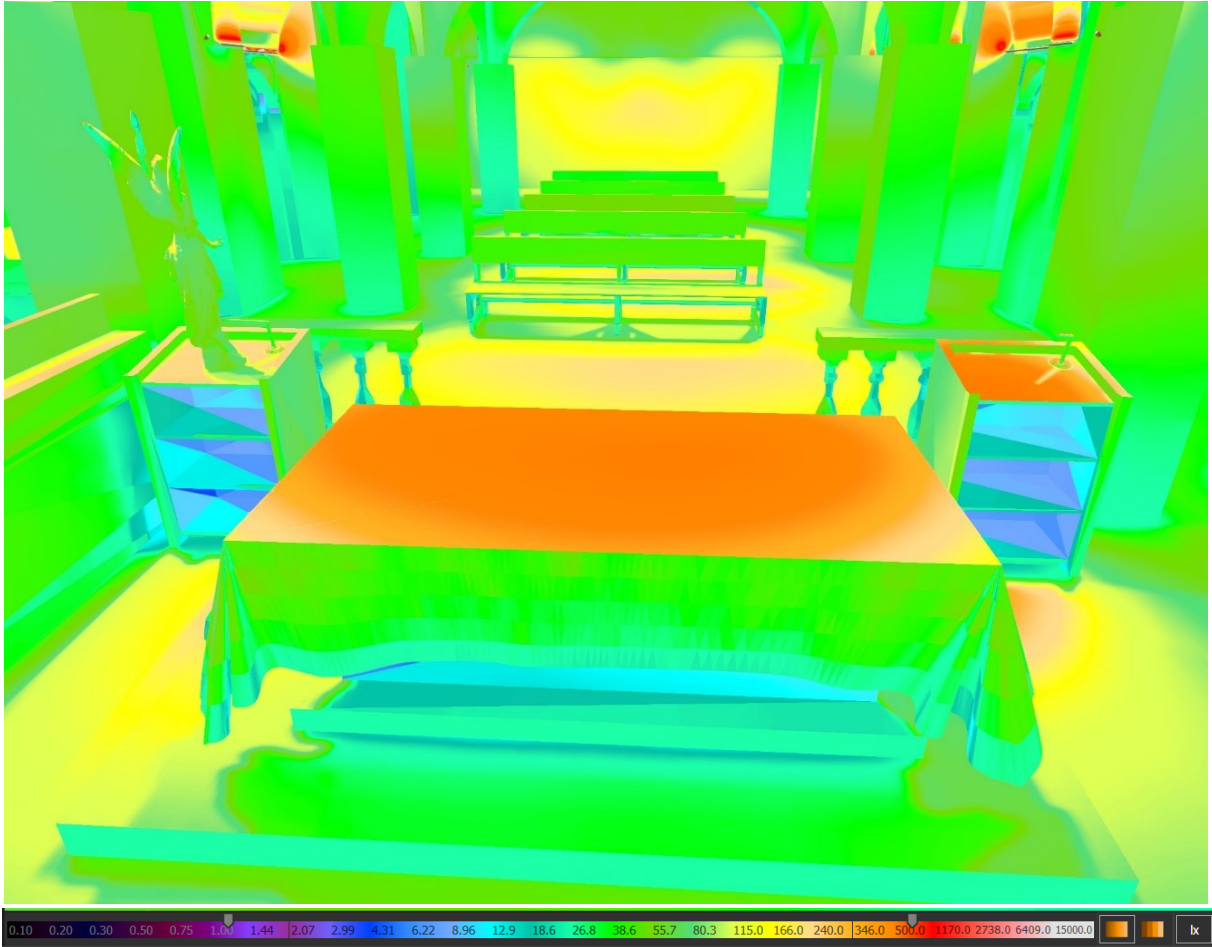


Figura 19 - Illuminamento a falsi colori del presbiterio e dell'assemblea

4.4 Risparmio consumi ottenuto

Confrontiamo i consumi della basilica e della cripta con il vecchio impianto di illuminazione e con il nuovo. Per ricavare le seguenti tabelle si è cercata la potenza dei corpi illuminanti nelle schede tecniche degli stessi; ciò è possibile soprattutto per i nuovi apparecchi, per i quali è più facile trovare dati aggiornati rispetto ai vecchi corpi illuminanti. Nelle schede si possono trovare grafici e tabelle del tipo in figura 55, in cui il dato più importante in questo frangente è la potenza elettrica assorbita. Si noti che ci sono due valori espressi in watt, la “fixture power” (potenza dell’apparecchio, ma si potrebbe anche dire “totale”) e la potenza luminosa del led, di valore inferiore perché la prima include in sé anche la potenza consumata in altri modi, ad esempio nelle perdite: per questo la prima ha sempre un valore maggiore della seconda.

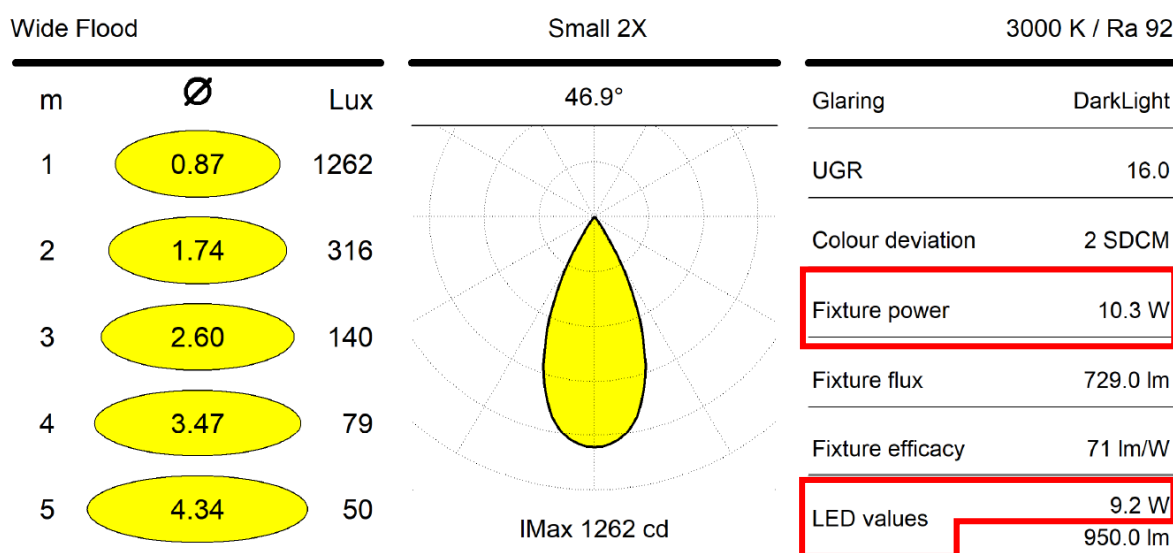


Figura 55 - esempio tratto da una scheda tecnica di un corpo illuminante per distinguere le due potenze

In alcuni casi, essendo difficile trovare i cataloghi degli anni Novanta, si è usata la potenza della lampada invece che quella dell’apparecchio, ma ciò non inficia la “bontà” dei risultati ottenuti: il risparmio è già sostanzioso usando le potenze delle lampade e sarebbe ancora maggiore se si fossero usati i consumi degli apparecchi completi.

In ogni caso, seppur presentando delle approssimazioni e delle imprecisioni, i valori delle seguenti tabelle (dalla 9 alla 12) non si discosteranno troppo da quelli reali.

Per la basilica avremo un risparmio di $18\,870 - 3\,571,6 \approx 15\,298$ W.

Per la cripta un risparmio di $8\,100 - 878,8 \approx 7\,221\text{ W}$.

In altri termini, i consumi in termini di potenza del nuovo impianto rispetto al precedente sono pari al $\frac{3\,571,6}{18\,870} \approx 19\%$ ed al $\frac{878,8}{8100} \approx 11\%$ rispettivamente per la Basilica e la cripta. Questi conti sono fatti considerando accese contemporaneamente tutte le lampade della Basilica o della cripta, cosa che capiterebbe solo in certe occasioni, ma sono comunque rappresentativi del grande risparmio energetico che si ottiene con questo intervento.

Tabella 9 Consumi basilica pre intervento

	n. apparecchi	potenza cadauno (W)	potenza (W)
navata			
faretti 3x dicroica	30	150	4500
proiettori	14	150	2100
cappelle			0
proiettori	7	140	980
faretti	7	100	700
passaggi			0
proiettori	10	70	700
faretti	2	150	300
cantorie			0
proiettori	4	250	1000
proiettore organo	1	70	70
deambulatorio			0
faretti	16	50	800
proiettori	8	70	560
cappelle deamb			0
faretti	4	50	200
proiettori	2	70	140
presbiterio			0
proiettori cupola	4	250	1000
proiettori	12	150	1800
proiettori	12	250	3000
abside			0
proiettori	2	70	140
faretti Madonna	4	70	280
faretti alto	2	150	300
proiettori	6	50	300

totale

18870

Tabella 10 Consumi basilica post intervento

	n. apparecchi	potenza cadauno (W)	potenza (W)
cappelle			
movit	2	20	40
m micro 3x	6	5	30
m micro 2x	4	5	20
m mini	2	6,6	13,2
m r compact			0
gr w w	8	19	152
el nar sp	14	20,4	285,6
nar sp	2	20,4	40,8
spot	2	28,1	56,2
flood	4	28,1	112,4
narr fl	20	28,1	562
m r max			0
narr fl	10	40,1	401
flood	8	40,1	320,8
spot	14	42,8	599,2
wide fl	4	40	160
gr w w	2	35	70
v nar spot	3	20	60
			0
m r mini	18	5	90
m r small			0
wide fl	12	10,3	123,6
flood	16	10,3	164,8
			0
barre	6	45	270

totale

3571,6

Tabella 11 consumi cripta pre intervento

	n. apparecchi	potenza cadauno (W)	potenza (W)
proiettori	50	150	7500
faretto	1	50	50
faretto	1	50	50
faretti affresco	3	50	150
faretti presb	2	50	100
faretto altare	1	150	150
faretti led	2	50	100

totale 8100

Tabella 12 consumi cripta post intervento

	n. apparecchi	potenza cadauno (W)	potenza (W)
strip 600	56	7,5	420
strip 2000	2	15	30
m r mini	22	5	110
m r small	14	10,3	144,2
m r medium	9	19,4	174,6

totale 878,8

Anche DIALux evo permette calcoli relativi alle prestazioni energetiche. In questo modo possiamo ottenere anche in termini energetici su base annua (oltre che in termini di potenza elettrica) il consumo dell'impianto di illuminazione: esso sarà di 4342 kWh/a per la cripta e di 15 438 kWh/a per la Basilica. Un indice interessante è anche il LENI (Lighting Energy Numeric Indicator, ovvero: indicatore numerico dell'energia per l'illuminazione), che consente di valutare la prestazione energetica degli impianti di illuminazione degli edifici residenziali e non. Questo indice viene specificato nella norma UNI EN 15193-1:2017.

Tabella 13 valori LENI calcolati da DIALux

	LENI (kWh/m ² a)
cripta	7,82
Basilica escluso deambulatorio	15,7
Deambulatorio Basilica	7,85

Per eseguire questo calcolo bisogna scegliere un punto in cui collocare un sensore nella modellazione. Altri valori da impostare ai fini del calcolo sono, ad esempio, il costo per chilowattora e gli orari ed i giorni di accensione dell'impianto di illuminazione: in questo caso si è ipotizzato tutti i giorni dalle 7 alle 18.

5. CONCLUSIONI

Si vuole qui sintetizzare il lavoro descritto in dettaglio nei capitoli precedenti. A fronte di una richiesta da parte del monastero relativa al risparmio energetico e ad un miglioramento dell'illuminazione (si potrebbe dire sia in termini di quantità che di qualità), si è iniziato questo progetto riguardante il nuovo impianto di illuminazione interna della Basilica e della cripta di Santa Maria del Monte a Cesena.

Si è valutata prima la situazione attuale, mediante le tavole del progetto precedente e numerosi rilievi in situ; poi si è ipotizzata una nuova soluzione: nuovi corpi illuminanti e relativi posizionamenti e puntamenti. La nuova proposta progettuale è stata simulata anche con una modellazione mediante il software DIALux evo. Il progetto progrediva e si modificava man mano a seguito di scambi e confronti fra i progettisti, i collaboratori ed i monaci, oltre a sopralluoghi ulteriori all'abbazia. La prima parte ad essere conclusa è stata quella delle cappelle della navata, in occasione del restauro di un paio di quadri.

Essendo tutte le nuove lampade a LED (sia proiettori che barre), si ha un grosso risparmio energetico perché esse consumano molto meno energia elettrica rispetto alle precedenti fonti luminose a scarica ed alogene. Inoltre la luce emessa dalle nuove lampade a LED contiene una frazione quasi nulla di infrarossi ed ultravioletti, il che è molto positivo per le opere d'arte, che altrimenti potrebbero danneggiarsi; la resa cromatica è molto migliorata, così come l'illuminamento. Il maggiore valore di illuminamento si ha sull'altare e l'ambone, sia nella Basilica che nella cripta. Sulle panche si è cercato di avere un valore che permettesse la lettura e nei deambulatori il camminare. Quindi i criteri guida per la nuova illuminazione sono stati:

- il rispetto e la valorizzazione di ogni luogo specifico, soprattutto pensando alla liturgia
- evitare l'eccessivo illuminamento delle opere d'arte
- infine assicurare il comfort visivo dei fedeli, del celebrante e dei visitatori.

Da ultimo si è previsto, per alcune zone della basilica, un sistema di controllo DALI per la creazione di diversi scenari luminosi a seconda della situazione e per la regolazione dell'intensità luminosa delle lampade.

Nelle prossime settimane verranno eseguiti i lavori e si potranno approntare gli eventuali aggiustamenti che si renderanno necessari durante la messa in opera, dato che già su DIALux si potevano riscontrare alcuni punti critici, soprattutto per quanto riguarda l'uniformità, che dovranno essere verificati in loco. Difatti, come si può vedere dai valori della tabella 13, l'illuminamento varia molto in ogni singola zona. Tali valori sono il risultato dei calcoli di DIALux e sono attendibili, ma hanno dei limiti. Ad esempio, i valori nulli o troppo bassi di illuminamento potrebbero riferirsi a punti pressoché nascosti, ma nella realtà ciò potrebbe non inficiare l'uniformità generale della luce nelle zone di presenza dei fedeli. Infatti, oltre all'illuminamento in sé, è bene anche valutarne l'uniformità tramite il rapporto fra l'illuminamento minimo e quello medio, anch'esso presente nella tabella 14; tale rapporto nella norma UNI EN 12464 (che però riguarda l'illuminazione dei luoghi di lavoro) è raccomandato che sia superiore o uguale a 0,7 per i compiti visivi o 0,5 per le zone circostanti. In molte zone ciò è rispettato, ma in altre no, perciò bisognerà fare degli aggiustamenti dei puntamenti in corso d'opera durante il montaggio e le prove del nuovo impianto di illuminazione.

Tabella 24 Tabella coi valori di illuminamento in lux calcolati da DIALux evo

	Illuminamento (lx)			rapporti	
	medio	massimo	minimo	Ill.min/ill.medio	Ill.min/ill.max
Pavimento navata	163	268	115	0,71	0,43
Pavimento sopra lo scalone	106	307	0	0	0
Altare Basilica	560	586	506	0,90	0,86
Deambulatorio Basilica	100	142	69	0,69	0,49
Altare cripta	507	649	223	0,44	0,34
Ambone cripta	483	680	/	0	0
Panca (h = 90 cm)	199	208	192	0,96	0,92
Pavimento cripta	62	285	3	0,05	0,01

Un discorso analogo potrebbe valere per l'abbagliamento, in particolare l'abbagliamento molesto. Un parametro spesso utilizzato per rappresentarlo è l'UGR (Unified Glare Rating), che dipende a sua volta da varie grandezze, fra cui la posizione dell'osservatore; proprio quest'ultima è da tenere in conto particolarmente osservando i risultati dei calcoli di DIALux della tabella 15. Infatti i fedeli durante le celebrazioni saranno per la maggior parte seduti rivolti verso l'altare ed avranno di fronte il celebrante ed i monaci. I presenti a volte saranno seduti, altre in piedi od inginocchiati, mentre l'UGR è concepito per verificare il comfort visivo negli uffici, con posizionamento regolare degli apparecchi e gli occhi dell'osservatore posti a 1,20 m da terra, che non sono esattamente le condizioni che si hanno nella Basilica o nella cripta. Anche in questo caso, dunque, bisognerà verificare l'abbagliamento in situ confrontando i valori ottenuti (se e quando troppo elevati) con la realtà che comprende anche particolari posizionamenti e puntamenti dei corpi illuminanti, i quali, a loro volta, sono costruiti per diminuire l'abbagliamento, grazie alla sorgente in posizione rientrata ed alla superficie interna nera.

Tabella 35 Valori dell'Unified Glare Rating (UGR, indice di abbagliamento) calcolati da DIALux evo

Unified Glare Rating		
	massimo	minimo
Pavimento navata	> 30	< 10
Pavimento sopra lo scalone	> 30	< 10
Altare Basilica	> 30	< 10
Altare cripta	> 30	12.2
Ambone cripta	23.3	< 10
Panca (h = 90 cm)	> 30	13.5
Nota: UGR=30 corrisponde ad un disagio massimo		

6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Bibliografia:

“Luce nelle chiese”: atti dei convegni AIDI associazione italiana di illuminazione, Ediplan editrice, 2010

“Linee guida per la progettazione dell’illuminazione nei luoghi di culto” in “Luce nelle chiese”: atti dei convegni AIDI associazione italiana di illuminazione, Ediplan editrice, 2010

CEI, Commissione episcopale per la liturgia, Nota pastorale, La progettazione di nuove chiese, Roma 18 febbraio 1993, n. 30

CEI, Commissione episcopale per la liturgia, Nota pastorale, L’adeguamento delle chiese secondo la riforma liturgica, Roma 31 maggio 1996

Tutto normel, guide blu, impianti a norme CEI, 6: illuminazione esterna, edizioni tne, 2006

Appendice, catalogo 2013 3F Filippi illuminazione

AA.VV., Il progetto illuminotecnico, guida pratica per l’installatore qualificato, Gewiss, Editoriale Delfino, 2008

Catalogo ArcLuce, exterior lighting 2015

Appunti e diapositive di illuminotecnica del corso di Acustica applicata ed illuminotecnica, prof. Massimo Garai, a.a. 2022-2023

Marco Bona Castellotti, “Nella storia dell’arte: 2. dal Paleocristiano a Giotto”, Electa scuola

Sitografia:

<http://www.abbaziadelmonte.it/>

<https://www.treccani.it/>

<https://www.exenia.eu/c/indoor/>

<https://www.easyledstore.it/la-differenza-tra-led-smd-e-led-cob/>

7. APPENDICI

7.1 Glossario liturgico architettonico

Abbazia: complesso degli edifici di un monastero, costituito dalla chiesa abbaziale, dalla sala capitolare, dal refettorio, dal chiostro, dal dormitorio, dallo scriptorium.

Abside: elemento architettonico assai diffuso in epoca romana, diviene struttura fondamentale degli edifici di culto paleocristiani perché permette di valorizzare la zona presbiteriale della chiesa esaltandone il particolare valore liturgico. Con tale termine si designa una parete semicilindrica coperta da una volta a quarto di sfera detta catino o conca absidale, che serve a raccordare la struttura alla copertura dell'edificio.

Affresco: si tratta di una tecnica pittorica usata per decorare ampie superfici murarie. Il vocabolo affresco deriva dell'espressione a fresco, con cui si vuole distinguere la particolarità di tale tecnica. La caratteristica dell'affresco infatti è data dalla reazione chimica della carbonatazione (la calce presente nell'intonaco a contatto con l'anidride carbonica dell'atmosfera origina una pellicola di carbonato di calcio cui si deve la stabilità ed il fissaggio dei colori).

Altare: superficie piana, rialzata da terra, destinata alla celebrazione di riti religiosi. Nella religione cristiana è inteso come "mensa" cui i fedeli si accostano per rinnovare il sacrificio di Cristo.

Ambone: luogo sopraelevato da cui si proclamano le letture.

Arco: è la struttura curva che raccorda due elementi portanti verticali la porzione piana di parete, a forma di triangolo curvilineo, compresa tra due archi contigui, è detta pennacchio.

Balaustra: serie di piccole colonne unite alla base ed al vertice che serve da divisione.

Basilica: a partire dal IV secolo il termine viene riferito solo ai luoghi di culto monumentali simili alla basilica romana.

Cantoria: palco dei cantori nelle chiese.

Capitello: membratura architettonica che collega l'elemento portante verticale (colonna, pilastro) alla struttura sovrastante (architrave, arco).

Cappella: nell'uso comune per indicare un ambiente di modeste dimensioni destinato al culto e posto isolato oppure compreso in più ampi complessi architettonici quali chiese.

Coro: parte dell'abside destinata ad ospitare i cantori, nonché insieme degli stalli, disposti a semicerchio, dove si dispongono i cantori.

Cripta: sorta di sotterraneo di una chiesa.

Cupola: copertura a volta determinata dalla rotazione di una curva attorno ad un asse mediano. La cupola viene impostata sia direttamente sui muri perimetrali, sia su pennacchi indispensabili quando il vano da coprire è quadrato o poligonali; in quest'ultimo caso la base della cupola, trasformata in una struttura a forma di prisma, è detta tamburo ed il vano può essere coperto mediante settori o spicchi di cupola. La superficie interna della cupola viene chiamata intradosso, mentre quella esterna è detta estradosso. Il tiburio è la struttura cilindrica o a forma di prisma che spesso racchiude all'esterno la cupola rendendola irrecognoscibile.

Deambulatorio: termine che definisce, nelle architetture romaniche e gotiche, il vano semicircolare, prolungamento delle navate laterali, posto tra il presbiterio e l'abside; su di esso si affacciano le cappelle radiali.

Fregio: per estensione qualsiasi composizione scultorea o pittorica che abbia andamento orizzontale ed in cui esista una sequenza di immagini o che presenti la ripetizione di un medesimo motivo decorativo.

Navata: parte della chiesa suddivisa in senso longitudinale per mezzo di colonne o pilastri.

Pilastro: elemento di sostegno verticale, simile alla colonna ma adatto a sopportare pressioni strutturali più elevate. La sua sezione è varia (poligonale, cruciforme, quadrata);

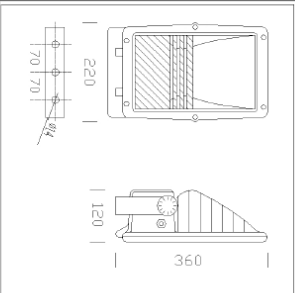
Presbiterio: parte della chiesa cristiana destinata ai sacerdoti, presbiteri appunto. Esso si colloca fra la navata centrale e l'abside e risulta separato dal resto dell'aula mediante una recinzione, ad esempio una balaustra (cioè un parapetto formato da

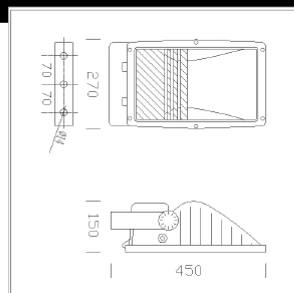
colonnine). Talvolta la zona presbiteriale è rialzata così da evidenziare il luogo ove si svolgono le funzioni; in epoca medievale la sopraelevazione del presbiterio rivela la presenza della cripta.


Volta: si tratta di una copertura con superficie interna concava, che scarica il proprio peso lateralmente. Le diverse soluzioni formali adottate nella costruzione delle volte danno origine a una tipologia varia. La volta *a botte* nasce dallo sviluppo dell'arco a tutto sesto e viene adoperata per la copertura di spazi a pianta quadrilatera; dall'intersezione perpendicolare di due volte a botte prende origine la volta *a crociera* utilizzata per coprire l'organismo architettonico detto campata. Se questo tipo di volta presenta nervature o costoloni (cioè modanature con funzione di rinforzo, collocate nelle zone della struttura sottoposte a flessione o a spinta, il cui punto di intersezione si chiama chiave di volta) quali elementi che segnano le linee d'incontro delle vele (nome dato alle quattro parti a forma di triangolo che costituiscono una volta) viene detta volta *a costoloni*. La volta *a catino* è impostata su pennacchi (elementi costituiti generalmente da una porzione di semisfera) che fungono da raccordo tra la struttura portante quadrata o poligonale e la sovrastante calotta. La volta *a padiglione* si imposta su una base poligonale ed è composta da tanti spicchi, delimitati da costoloni o nervature quanti sono i lati del poligono.


7.2 SCHEDE TECNICHE

Schede di quattro proiettori del vecchio impianto della Basilica









1148 Lito - Asimetrico

CORPO/TELAIO in alluminio pressofuso, con saldatore di raffreddamento. RIFLETTORE: Asimetrico. In alluminio martellato 80/80, ossidato anodicamente spessore 2 micron e bruciato.

DIFFUSORE: Vetro temprato sp. 5 mm, resistente agli shock termici e agli urti. (norma UNI EN 12901-2001).

VERNICIA TUBA: Vetro temprato, griglia o argento sabbiato, resistente alla corrosione e alle nebbie saline.

PORTALAMPADA: In ceramica e corallo argentati. Alisco P47.

CORRILAMPADA: Alimentazione 230V/50 Hz con protezione termica. Cavetto file di vetro, sezione sezione 1 mm. Morsaletta 2P+T in nylon con massima sezione dei conduttori ammessi 2,5 mm².

ECU/ALCANTARATO: Guarnizione di gomma siliconica. Passacavo in nylon antigrappaggio. Staffa in acciaio inox con scale gonfionterica. Tappeto frontale, applicabile a cornea, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio.

NORMATIVE: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN50581 - CEI 04-21, certificazione di conformità Europea ENEC.

Lampade: Complessi di lampada JM-TS. POWERSTAR HQI-TS EXCELLENCE apparesenti l'evoluzione delle famose lampade HQI-TS con un nuovo design che in grado di ottenere le soluzioni migliori della tecnologia. Le lampade sono complete e dotate di filtro UV e doppio attacco. Adatte per l'uso solo in apparecchi d'illuminazione chiusi.

Superficie di esposizione al vento: 800 cm².

1149 Lito - Asimetrico

CORPO/TELAIO in alluminio pressofuso, con saldatore di raffreddamento. RIFLETTORE: Asimetrico. In alluminio martellato 80/80, ossidato anodicamente spessore 2 micron e bruciato.

DIFFUSORE: Vetro temprato sp. 5 mm, resistente agli shock termici e agli urti. (norma UNI EN 12901-2001).

VERNICIA TUBA: Vetro temprato, griglia o argento sabbiato, resistente alla corrosione e alle nebbie saline.

PORTALAMPADA: In ceramica e corallo argentati. Alisco P47. E27 FC2.

CORRILAMPADA: Alimentazione 230V/50 Hz con protezione termica. Cavetto file di vetro, sezione sezione 1 mm. Morsaletta 2P+T in nylon con massima sezione dei conduttori ammessi 2,5 mm².

ECU/ALCANTARATO: Guarnizione di gomma siliconica. Passacavo in nylon antigrappaggio. Staffa in acciaio inox con scale gonfionterica. Tappeto frontale, applicabile a cornea, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio.

NORMATIVE: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN50581 - CEI 04-21, certificazione di conformità Europea ENEC.

Lampade: Complessi di lampada JM-TS. POWERSTAR HQI-TS EXCELLENCE apparesenti l'evoluzione delle famose lampade HQI-TS con un nuovo design che in grado di ottenere le soluzioni migliori della tecnologia. Le lampade sono complete e dotate di filtro UV e doppio attacco. Adatte per l'uso solo in apparecchi d'illuminazione chiusi.

Superficie di esposizione al vento: 800 cm².

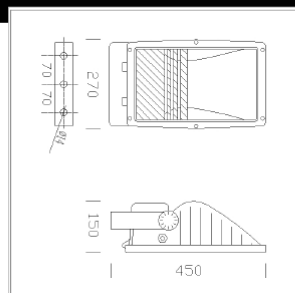
ottica

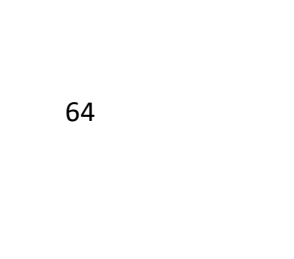
Potenza


Assistenti

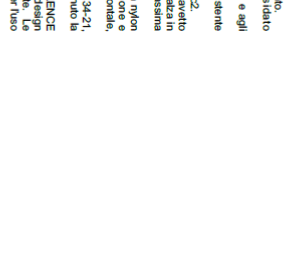
- 42: Catteda di prospezione
- 42: Tavolo oroscopia
- 51: Stanno lunario

Code	Descr	Kg	Lampada/KCBR	Watt	Bassa	Color
313340-00	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE
313340-01	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE
313340-21	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE
313340-00	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE
313340-00	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE
313340-00	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE
313340-00	CNRL	4,80	JM-TS 70-4000m-420K-8A 1B	91 W	R/73	GRATITE









1148 Lito - Asimetrico

CORPO/TELAIO in alluminio pressofuso, con saldatore di raffreddamento. RIFLETTORE: Asimetrico. In alluminio martellato 80/80, ossidato anodicamente spessore 2 micron e bruciato.

DIFFUSORE: Vetro temprato sp. 5 mm, resistente agli shock termici e agli urti. (norma UNI EN 12901-2001).

VERNICIA TUBA: Vetro temprato, griglia o argento sabbiato, resistente alla corrosione e alle nebbie saline.

PORTALAMPADA: In ceramica e corallo argentati. Alisco P47.

CORRILAMPADA: Alimentazione 230V/50 Hz con protezione termica. Cavetto file di vetro, sezione sezione 1 mm. Morsaletta 2P+T in nylon con massima sezione dei conduttori ammessi 2,5 mm².

ECU/ALCANTARATO: Guarnizione di gomma siliconica. Passacavo in nylon antigrappaggio. Staffa in acciaio inox con scale gonfionterica. Tappeto frontale, applicabile a cornea, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio.

NORMATIVE: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN50581 - CEI 04-21, certificazione di conformità Europea ENEC.

Lampade: Complessi di lampada JM-TS. POWERSTAR HQI-TS EXCELLENCE apparesenti l'evoluzione delle famose lampade HQI-TS con un nuovo design che in grado di ottenere le soluzioni migliori della tecnologia. Le lampade sono complete e dotate di filtro UV e doppio attacco. Adatte per l'uso solo in apparecchi d'illuminazione chiusi.

Superficie di esposizione al vento: 800 cm².

1149 Lito - Asimetrico

CORPO/TELAIO in alluminio pressofuso, con saldatore di raffreddamento. RIFLETTORE: Asimetrico. In alluminio martellato 80/80, ossidato anodicamente spessore 2 micron e bruciato.

DIFFUSORE: Vetro temprato sp. 5 mm, resistente agli shock termici e agli urti. (norma UNI EN 12901-2001).

VERNICIA TUBA: Vetro temprato, griglia o argento sabbiato, resistente alla corrosione e alle nebbie saline.

PORTALAMPADA: In ceramica e corallo argentati. Alisco P47. E27 FC2.

CORRILAMPADA: Alimentazione 230V/50 Hz con protezione termica. Cavetto file di vetro, sezione sezione 1 mm. Morsaletta 2P+T in nylon con massima sezione dei conduttori ammessi 2,5 mm².

ECU/ALCANTARATO: Guarnizione di gomma siliconica. Passacavo in nylon antigrappaggio. Staffa in acciaio inox con scale gonfionterica. Tappeto frontale, applicabile a cornea, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio.

NORMATIVE: Prodotti in conformità alle vigenti norme EN50581 - CEI 04-21, certificazione di conformità Europea ENEC.

Lampade: Complessi di lampada JM-TS. POWERSTAR HQI-TS EXCELLENCE apparesenti l'evoluzione delle famose lampade HQI-TS con un nuovo design che in grado di ottenere le soluzioni migliori della tecnologia. Le lampade sono complete e dotate di filtro UV e doppio attacco. Adatte per l'uso solo in apparecchi d'illuminazione chiusi.

Superficie di esposizione al vento: 800 cm².

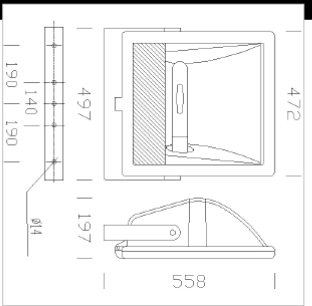
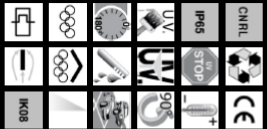
ottica

Potenza

Assistenti

- 42: Catteda di prospezione
- 42: Tavolo oroscopia
- 51: Stanno lunario

Code	Descr	Kg	Lampada/KCBR	Watt	Bassa	Color
313340-21	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE
313340-00	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE
313340-21	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE
313340-00	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE
313340-00	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE
313340-00	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE
313340-00	CNRL	6,45	JM-TS 250-5000m-420K-8A 1B	277 W	FC2	GRATITE



1129 Cromo - asimmetrico

CORPO: In alluminio pressofuso, con abilitare di raffreddamento. **RIFLETTORE:** Asimmetrico, in alluminio martellato 99.85, ossidato anodicamente spessore 2 micron e brillatissimo. **DIFFUSORE:** Vetro temperato sig. 5mm resistente agli shock termici e agli urti (temperatura max. 315°C). **OPZIONE:** LUMINOSA: polveri polimeriche, colore nero, resistente alla corrosione e alle nebbie saline. **PORTALAMPADA:** In ceramica e contatti argentati. **CABEL AGGIO:** Alimentazione 230V/50Hz con protezione termica. Cavetto flessibile capocollato con parafuili in ottone stagnato. Isolamento in silicone con 1500V. **PARAFUILI:** In ottone stagnato. **OPZIONE:** Morsa di vetro, sezione 1.0 mm² (fino a 400V) o 2.5 mm² (da 400 a 1000V). **Morsa:** Morsa 2P-1T con massima sezione dei conduttori ammessa 4 mm². **OPZIONE:** Telaio frontale, apribile a camera, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio per una facile manutenzione, mantenendo invariato il puntamento. **EQUIPAGGIAMENTO:** Quantitore di gomma siliconica. Pressacavo in nylon antigrappaggio. Staffa in acciaio con scala gnomonica. Telaio frontale, apribile a camera, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio. **OPZIONE:** NOKRALIVA. Prodotti in conformità alle vigenti norme EN60581 - CEI 04-21, secondo la serie EN60589 secondo la EN 60529 ed hanno ottenuto la certificazione europea ENEC. **Superficie di esposizione al vento:** 2400 cm². **Versione in doppio isolamento sottocorona -14**



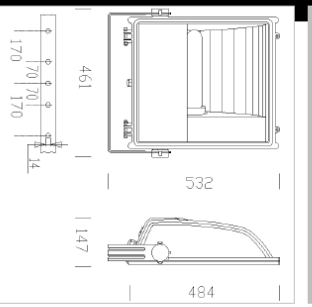
Codice	Catálogo	Wg	Luminaria-CRI	WTR	Mancos Base	Color
41298A-14	CNRL	16.45	CDM-T MW230-21000m-4200K-CRI 80	381 W	560	GR/FTTE
41298B-7/2	CNRL	16.45	CDM-T MW 300 + AL-O-3000m-4200K-CRI 80	387 W	560	GR/FTTE
41298C-00	CNRL	16.45	CDM-T MW300-35270m-4200K-CRI 80	387 W	560	GR/FTTE
41298D-14	CNRL	16.45	CDM-T MW300-35270m-4200K-CRI 80	381 W	560	GR/FTTE
41298E-7/2	CNRL	16.27	CDM-T MW 230 + AL-O-21000m-4200K-CRI 80	281 W	560	GR/FTTE
41298F-14	CNRL	16.45	SPV-T 250-33000m-2000K-CRI 4	271 W	560	GR/FTTE
41298G-00	CNRL	17.50	SPV-T 400-50000m-2000K-CRI 4	431 W	560	GR/FTTE
41298H-14	CNRL	16.85	SPV-T 750-53000m-2000K-CRI 4	441 W	560	GR/FTTE
41298I-00	CNRL	16.10	SPV-T 1200-53000m-2000K-CRI 4	271 W	560	GR/FTTE
41298J-7/2	CNRL	16.10	SPV-T 250 + AL-O-33000m-2000K-CRI 4	271 W	560	GR/FTTE
41298K-7/2	CNRL	17.29	SPV-T 400 + AL-O-33000m-2000K-CRI 4	431 W	560	GR/FTTE
41298L-00	CNRL	15.27	SPV-T 750-55000m-4000K-CRI 20	281 W	560	GR/FTTE



Il nuovo luminario iperlight indica il nuovo utente dell'ipercorona con una differenza di 1.10% rispetto al precedente. Il nuovo sistema di protezione a LED protegge il sistema e non supera il 10% del valore indicato.

Consultare il Centro di Consulenza e progettazione per qualsiasi informazione illuminotecnica.

PN3 - 1 - 17A



1159 Indio - Asimmetrico

CORPO: In alluminio pressofuso, con abilitare di raffreddamento. **RIFLETTORE:** Asimmetrico, in alluminio martellato 99.85, ossidato anodicamente spessore 2 micron e brillatissimo. **DIFFUSORE:** Vetro temperato, sig. 5mm resistente agli shock termici e agli urti (temperatura max. 315°C). **OPZIONE:** LUMINOSA: polveri polimeriche, colore nero, resistente alla corrosione e alle nebbie saline. **PORTALAMPADA:** In ceramica e contatti argentati. **Mancos E40:** BY22 **CABEL AGGIO:** Alimentazione 230V/50Hz con protezione termica. Cavetto flessibile capocollato con parafuili in ottone stagnato. Isolamento in silicone con 1500V. **PARAFUILI:** In ottone stagnato. **OPZIONE:** Morsa di vetro, sezione 1.0 mm² (fino a 400V) o 2.5 mm² (da 400 a 1000V). **Morsa:** Morsa 2P-1T con massima sezione dei conduttori ammessa 4 mm². **OPZIONE:** Telaio frontale, apribile a camera, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio. **EQUIPAGGIAMENTO:** Quantitore di gomma siliconica. Pressacavo in nylon antigrappaggio. Staffa in acciaio con scala gnomonica. Telaio frontale, apribile a camera, rimane agganciato al corpo dell'apparecchio. **OPZIONE:** NOKRALIVA. Prodotti in conformità alle vigenti norme EN60581 - CEI 04-21, secondo la serie EN60589 secondo la EN 60529 ed hanno ottenuto la certificazione europea ENEC. **Superficie di esposizione al vento:** 1970 cm².



Codice	Color	Wg	Luminaria-CRI	WTR	Base	Color
41152-00	CNRL	8.20	SPV-T 150-1720m-2000K-CRI 4	161 W	E40	GR/FTTE
41152-00	CNRL	8.20	SPV-T 250-33000m-2000K-CRI 4	271 W	E40	GR/FTTE
41152-00	CNRL	8.20	SPV-T 400-50000m-2000K-CRI 4	431 W	E40	GR/FTTE
41152-00	CNRL	9.00	CDM-T MW300-35270m-4200K-CRI 80	387 W	E40	GR/FTTE
41152-00	CNRL	8.50	CDM-T MW230-21000m-4200K-CRI 80	281 W	E40	GR/FTTE



Il nuovo luminario Indio indica il nuovo utente dell'ipercorona con una differenza di 1.10% rispetto al precedente. Il nuovo sistema di protezione a LED protegge il sistema e non supera il 10% del valore indicato.

Consultare il Centro di Consulenza e progettazione per qualsiasi informazione illuminotecnica.

PN3 - 1 - 17A

Schede tecniche di alcuni proiettori del nuovo impianto

Uno dei proiettori della cripta con l'accessorio a nido d'ape:



Museo Revo / Museo Revo Medium

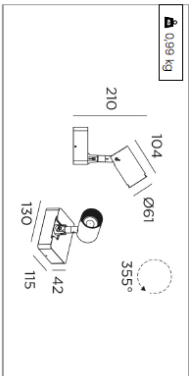
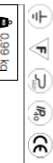
SCHEDA TECNICA

Nome Progetto: 386400W23F + 9G084
 Codice Prodotto: 386400W23F + 9G084



Descrizione prodotto

Proiettori per installazioni a superficie con driver integrati nella base di supporto e fissaggio.
 Adatti per illuminatori ad altissimo comfort visivo, diretto ed indiretto. Dedicati ad una progettazione illuminotecnica evoluta, i nuovi sistemi ottici Revo-Dark risultano particolarmente adatti per ambientazioni ad altissimo comfort visivo. Caratterizzati da doppio snodo e sei gradi di libertà, permettono un posizionamento preciso e puntuale in ogni direzione. Le dimensioni ridotte al minimo, le finiture dedicate e alta massima mineralizzazione nel contesto, si coniugano con i nuovi parametri prestazionali REVO raggiungendo un rapporto dimensioni-prestazioni a prova di confronto.



La versione Medium offre aperture da 8° a 50° due fasci ottici, le ricerche asimmetriche Deep e Girating w/di-washer ad alto omogeneità e un sognatore.
 I numerosi accessori a compendio sono progettati con sistema di fissaggio ad elementi sovrapposti permettendo una configurazione ottica differenziata e specifica. Alta resa cromatica, coefficiente UGR-10 ed il rispetto dei parametri DARK lighting, sono completati dalla qualità del 2-SPCM della sorgente e della particolare pulizia della proiezione dei fasci. Il corpo complessivo in alluminio, si avvale di nuovi braccetti in dotazione frizionati, dotati di bloccaggio micrometrico per un facile e definitivo puntamento.
 La piena compatibilità con i sistemi di controllo più diffusi, rendono Museo Revo Medium strumento perfetto in contesti dove la volontà dello sorgente sia determinata da una altissima qualità prestazionale e dalla minima incidenza fisica e visuale.

Questo modello è anche configurabile nella versione sognatore con anelli mobili, per ottenere proiezioni quadrangolari focalizzate con uno strumento leggero e di piccole dimensioni.

Caratteristiche elettriche

Classe di isolamento: **Classe I - Contatto a terra**

Classe F: **SI**

Controllo: **ON-OFF**

Caratteristiche meccaniche

Filo Incandescente: **650°**

Grado di protezione: **IP40**

Esamtec Srl - Via delle Cinesie, 38, Capranico (FI), 50044, IT
 info@examtec.it - www.examtec.it
 info@examtec.it - www.examtec.it
 https://www.examtec.it/prodotto/rusoc-revo-medium

LMPO Inc si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modifica sarà senza effetto.
 27.06.2023 copyright 2023 LM PO Inc.



Museo Revo / Museo Revo Medium

SCHEDA TECNICA

Versione: **1x**

Finitura: **Bianco Opaco 1x**

Caratteristiche Illuminotecniche

CHR-CCT: **CR182.3000K**

Ottica: **Flood 37° - 17.3W**

Accessoristica

Accessori montati di fabbrica: **Accessori REVO**

Garanzia

Certificazione: **Conformità CE**

Garanzia: **5 anni**

Temperatura di esercizio: **-10° / +30°**

Codice configuratore

Corpo apparecchio: **MUSEO REVO Medium**

Versione: **1x**

Controllo: **ON-OFF**

Finitura: **Bianco Opaco 1x1**

CHR-CCT: **CR182.3000K**

Ottica: **Flood 37° - 17.3W**

Accessori montati di fabbrica: **Accessori REVO**

Accessori indipendenti: **Griglia antobloccaggio a nido d'ape**

Esamtec Srl - Via delle Cinesie, 38, Capranico (FI), 50044, IT
 info@examtec.it - www.examtec.it
 info@examtec.it - www.examtec.it
 https://www.examtec.it/prodotto/rusoc-revo-medium

LMPO Inc si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modifica sarà senza effetto.
 27.06.2023 copyright 2023 LM PO Inc.

Nome Progetto _____
Codice Prodotto **609413042/9530+353905042/LM**

Descrizione prodotto



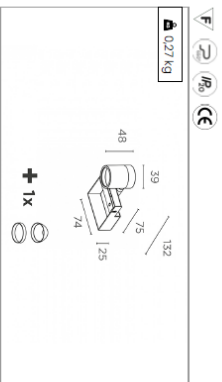
Proiettore regolabile con base con sorgenti luminose a LED chip on board (COB) alimentate a corrente costante tramite alimentatore elettronico. Le sorgenti sono installate su un gruppo ottico orientabile connesso alla base mediante uno snodo. Le regolazioni sul piano orizzontale sono gestibili nel 355°, mentre sul piano verticale sono limitate a +/-100°. Stabilità massima nel puntamento grazie al perfetto bilanciamento. Corpo ottico con finiture disipante in alluminio, base in alluminio, braccio di supporto ed anello decorativo in alluminio lega 6060. Semplice installazione grazie alla staffa di fissaggio zincata. Corpo dell'apparecchio ed anello decorativo verniciato a liquido. Opzione di riflessione in policarbonato verniciato finitura speculare, otto a direzione. Il flusso luminoso: Disponibile nei fasci: Medium, Large e Wide.

Caratteristiche elettriche

Classe F **SI**
Potenza **6W**

Caratteristiche meccaniche

Filo **650°**
Incidescenze
Grado di protezione **IP20**
Versione **1x**



Finitura **Bianco Opaco**

Caratteristiche illuminotecniche

GR-CCT **CR195 3000K**
Ottica **Medium 2P°**

Accessoristica

Accessori ottici **Anello decorativo primari**
Finitura anello **Bianco Opaco**
Accessori ottici **Spot - Accessori ottici secondari**
secondari

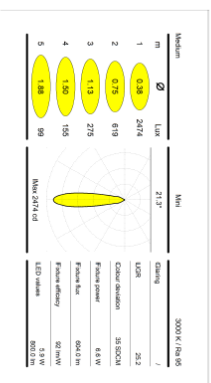
Exenia Srl - Via della Chiesa, 36, Calanzano (FI), 50044, IT
T +39055447154 F +39055447275
info@exenia.eu - www.exenia.eu
https://www.exenia.eu/prodotto/museo-mini

LM9 Inc si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modificazione daranno effetto immediato.
06.04.2023 copyright 2023 LM9 Inc.

Garanzia	18000h 100.000 h
LifeTime	
Certificazione	Conformità CE
Garanzia	5 anni
Temperatura di esercizio	-10° / +30°

Codice configuratore

Corpo apparecchio	MUSEO MINI
Versione	1x
Potenza	6W
Finitura	Bianco Opaco
GR-CCT	CR195 3000K
Accessori ottici primari	Anello decorativo
Finitura anello	Bianco Opaco
Ottica	Medium 2P°



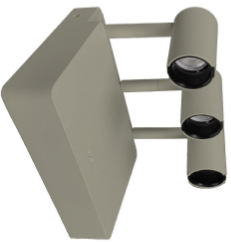
Accessoristica

Accessori ottici primari **Anello decorativo**

Exenia Srl - Via della Chiesa, 36, Calanzano (FI), 50044, IT
T +39055447154 F +39055447275
info@exenia.eu - www.exenia.eu
https://www.exenia.eu/prodotto/museo-mini

LM9 Inc si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modificazione daranno effetto immediato.
06.04.2023 copyright 2023 LM9 Inc.

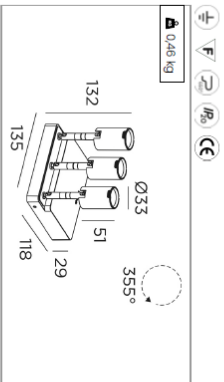
Nome Progetto 384420S23FN
Codice Prodotto 384420S23FN



Descrizione prodotto

Sono additi per illuminazioni ad altissimo confort visivo, diretto ed indiretto. Dedicati ad una progettazione illuminotecnica evolutiva, i nuovi sistemi ottici Revo-Dark risultano particolarmente adatti per ambientazioni ad altissimo confort visivo. Caratterizzati da doppio snodo e sei gradi di libertà, permettono un posizionamento preciso e puntuale in ogni direzione. Le dimensioni ridotte al minimo, le finiture dedicate alla massima mineralizzazione nel contesto, si coniugano con i nuovi parametri prestazionali Revo raggiungendo un rapporto dimensione-prestazione a prova di confronto.

La versione Mini offre fasci da 8° a 34° con numerosi accessori a comando.
Alta resa cromatica, coefficiente UGR<10 ed il rispetto dei parametri DAK Lighting, sono completati dalla qualità dei 2 SOCA della sorgente e dalla particolare e pulita della protezione dei fasci.
La piena compatibilità con i sistemi di controllo più diffusi, rendono Museo Revo Mini strumento perfetto in contesti dove la valenza della sorgente sia determinata da un altissimo qualità prestazionale e dalla minima invasività fisica e visuale.



Caratteristiche elettriche
Classe di isolamento **Classe I - Contatto a terra**

Classe F **SI**
Controllo **ON-OFF**

Caratteristiche meccaniche

Filo **650°**
Incidescendente
Grado di protezione **IP20**
Versione **3x**
Finitura **Sabbia**

Caratteristiche illuminotecniche

GR-CCT **CR192 3000K**
Optica **Flood 34° - 4,5W**

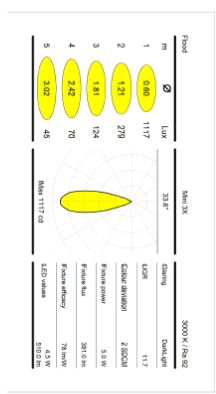
Exenia Srl - Via delle Chiave, 38, Calanzano (FI), 50044, IT
info@exenia.eu - www.exenia.eu
14380554d172d_f - 14300554d172d
https://www.exenia.eu/product/museo-revo-mini

LMFO Inc. si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modificare saranno effetto immediato.
06.04.2023 copyRight 2023 LMFO Inc.

Accessoristica	
Accessori montati di fabbrica	No Accessori
Garanzia	
Certificazione	Conformità CE
Garanzia	5 anni
Temperatura di esercizio	-10° / +30°

Codice configuratore

Corpo apparecchio	MUSEO REVO MINI
Versione	3x
Controllo	ON-OFF
Finitura	Sabbia
GR-CCT	CR192 3000K
Optica	Flood 34° - 4,5W
Accessori montati di fabbrica	No Accessori



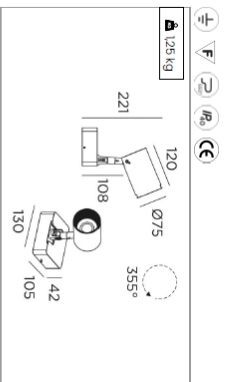
Exenia Srl - Via delle Chiave, 38, Calanzano (FI), 50044, IT
14380554d172d_f - 14300554d172d
info@exenia.eu - www.exenia.eu
https://www.exenia.eu/product/museo-revo-mini

LMFO Inc. si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modificare saranno effetto immediato.
06.04.2023 copyRight 2023 LMFO Inc.

Nome Prodotto **367400S23DN**
Codice Prodotto **367400S23DN**

Descrizione prodotto

Proiettori per installazioni a superficie con driver integrati nella base di supporto a fissaggio. Adatti per illuminazioni ad altissimo comfort visivo, diretto ed indiretto. Dedicati ad una progettazione illuminotecnica evoluta, i nuovi sistemi ottici Revo-Dark risultano particolarmente adatti per ambientazioni ad altissimo comfort visivo. Caratterizzati da doppio snodo e sei gradi di libertà, permettono un posizionamento preciso e puntuale in ogni direzione. Le dimensioni ridotte al minimo, le finiture dedicate alla massima mineralizzazione nel contesto, si coniugano con i nuovi parametri prestazionali REVO raggiungendo un rapporto dimensione-prestazione a prova di confronto.



La versione Compact offre aperture da 6° a 50° dai fasci ellittici. La ricercata Deep aspherical wall-washer ad alta omogeneità.

I numerosi accessori a compendio sono progettati con sistema di fissaggio ad elementi sovrapposti permettendo una configurazione ottica differenziata e specifica.

Altri reso cromatica, certificazione USH-10 ed il rispetto dei parametri Dark lighting, sono completati dalla qualità del 2.500M della sorgente e dalla particolare pulizia della proiezione dei fasci.

Il corpo complessivo in alluminio, si avvale di nuovi braccetti in ottone rifiniti, dotati di bloccaggio micrometrico per un facile e definitivo puntamento.

La piena compatibilità con i sistemi di controllo più diffusi, rendono Museo Revo Compact strumento perfetto in contesti dove la valenza dello sorgente sia determinata da una altissima qualità prestazionale e dalla minima invasività fisica e visuale.

Caratteristiche elettriche

Classe di isolamento **Classe I - Contatto a terra**

Classe F **SI**

Controllo **ON-OFF**

Caratteristiche meccaniche

Filo incombente **650°**

Grado di protezione **IP40**

Versione **1x**

Finitura **Sabbia**

Exenia Srl - Via della Chiesa, 38, Calcinano (FI), 50044, IT
info@exenia.it - www.exenia.it
info@exenia.it - www.exenia.it
https://www.exenia.eu/prodotto/museo-revo-compact

LMPS Inc. si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modificata saranno effetto immediato.
06.04.2023 copy/rgt/ 2023 LM Png Inc.

Caratteristiche Illuminotecniche	
CRH-CCT	CRH2 3000K
Optica	Deep Washer 17W
Accessori	Accessorio 1: No accessori, Accessorio 2: No accessori, Accessorio 3: No accessori
Garanzia	Conformità CE
Certificazione	5 anni
Garanzia	5 anni
Temperatura di esercizio	-10° / +30°

Codice configuratore

Corpo apparecchio **MUSEO REVO Compact**

Versione **1x**

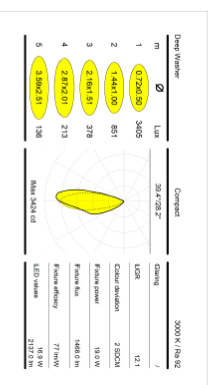
Controllo **ON-OFF**

Finitura **Sabbia**

CRH-CCT **CRH2 3000K**

Optica **Deep Washer 17W**

Accessori montati di fabbrica **Accessorio 1: No accessori, Accessorio 2: No accessori, Accessorio 3: No accessori**



Exenia Srl - Via della Chiesa, 38, Calcinano (FI), 50044, IT
info@exenia.it - www.exenia.it
info@exenia.it - www.exenia.it
https://www.exenia.eu/prodotto/museo-revo-compact

LMPS Inc. si riserva il diritto di apportare modifiche a questo prodotto in qualsiasi momento senza preavviso e tal modificata saranno effetto immediato.
06.04.2023 copy/rgt/ 2023 LM Png Inc.