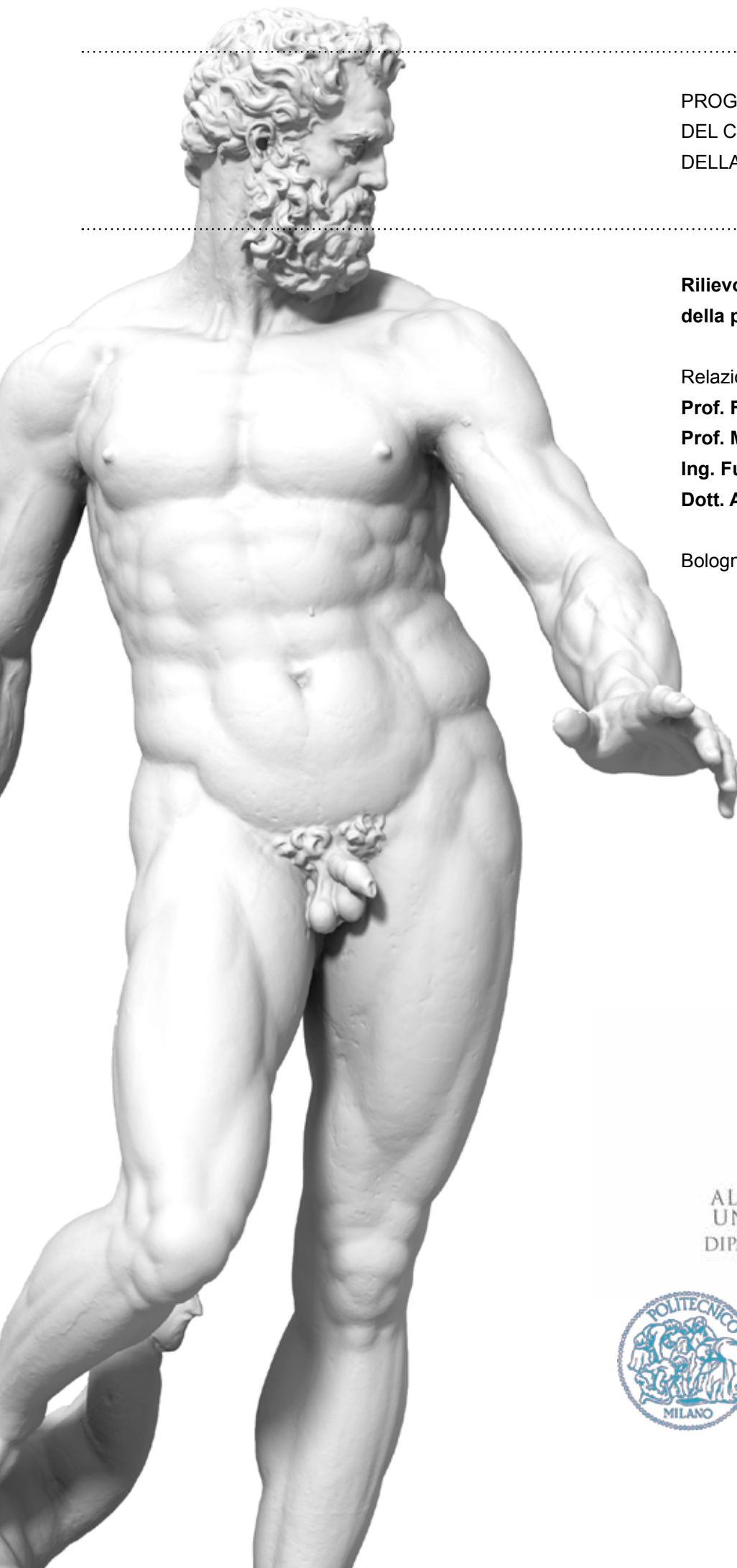




PROGETTO DI RESTAURO
DEL COMPLESSO MONUMENTALE
DELLA FONTANA DEL NETTUNO

**Rilievo illuminotecnico
della piazza del Nettuno.**

Relazione a cura di:

Prof. Fabrizio I. Apollonio

Prof. Maurizio Rossi

Ing. Fulvio Musante

Dott. Andrea Siniscalco

Bologna, 30/04/2016



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA



**POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI DESIGN**

INDICE

- 0. Introduzione
- 1. Considerazioni iniziali sull'impianto di illuminazione della fontana del Nettuno
- 2. Colore della luce
- 3. Riferimenti normativi
- 4. Strumentazione utilizzata
 - 4.1 Misure di illuminamento
 - 4.2 Misure di Luminanza
- 5. Apparecchi
- 6. Documentazione materiali
 - Analisi eseguite:
 - In situ con strumentazione portatile – Laboratorio LUCE – Politecnico di Milano

0. INTRODUZIONE

La presente relazione riporta gli esiti delle attività di rilievo illuminotecnico svolte all'interno della Convenzione Attuativa sottoscritta tra il Comune di Bologna e il Dipartimento di Architettura dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna per una collaborazione scientifica nell'ambito dei lavori di restauro del complesso monumentale del Nettuno a Bologna.

L'attività volta, alla elaborazione di una ipotesi di intervento per l'illuminazione del complesso della fontana e della statua, ha visto la collaborazione del Laboratorio di Progettazione, illuminotecnica, fotometria e colorimetria LUCE del Dipartimento di Design del Politecnico di Milano, che è in possesso di specifiche competenze scientifiche e tecniche per la realizzazione dei rilievi e delle ipotesi progettuali oggetto dell'attività di ricerca, come evidenziato dalla produzione scientifica ascrivibile a detto Laboratorio.

Tale attività ha riguardato in questa prima parte il rilievo dello stato di illuminazione attuale, volto ad acquisire le informazioni relative alle luminanze e agli illuminamenti durante le ore notturne dello spazio circostante il complesso monumentale.

Il rilievo riporta gli esiti relativi al colore della luce dovuta alle differenti tipologie di apparecchi illuminanti (lampade) impiegate per illuminare via Rizzoli, piazza Nettuno e piazza Maggiore, alle misure di illuminamento e di luminanza, così come il puntuale rilievo della posizione e della tipologia degli apparecchi installati. Tali rilievi permettono, inoltre, la verifica dei requisiti ai riferimenti normativi relativi all'illuminazione della piazza, secondo la normativa vigente.

Dall'esame della luminanza, in particolare, è possibile trarre qualche conclusione di carattere generale:

- quasi tutti gli edifici storici che affacciano sulle piazze Maggiore e del Nettuno sono dotati di un sistema di illuminazione delle facciate capace di produrre valori di luminanza tra 0.5 cd/m^2 e 2.0 cd/m^2 , anche se in alcuni casi parte di tali impianti risultano ad oggi non correttamente orientati o non funzionanti
- nei tratti porticati risultano illuminati i vuoti, mentre per la parte superiore degli edifici, risultano quasi sempre illuminati i pieni tra due finestre attigue; alcuni dei proiettori installati non risultano funzionanti
- qualche proiettore risulta orientato in modo abbagliante (v. palazzo dei Notai - Figura 32 della "Relazione") per un osservatore che proviene da via Rizzoli e si dirige verso piazza Maggiore, volgendo lo sguardo verso la statua del Nettuno, dove i valori di luminanza misurati sono tali da risultare fastidiosi.

Per la fase successiva di progettazione, al fine di poter meglio valutare soluzioni diverse (esempio contrasto con lo sfondo, differenze nelle tonalità della luce per esaltare dettagli, valutazione sui consumi energetici e altro ancora), si ritiene indispensabile:

- l'esame della documentazione di archivio relativa al tipo e al numero di sorgenti installate nel vecchio impianto (ora parzialmente rimosso) di illuminazione del complesso monumentale (v. documentazione fornita dal gestore dell'impianto o quella conservata presso l'Archivio Storico del Comune di Bologna e riportata nella Relazione storica).
- avere a disposizione le informazioni relative all'utilizzo della piazza del Nettuno per attività ed eventi o commemorazioni in cui la statua o il complesso monumentale della fontana siano illuminati con particolari dominanti di colore (v. Giorno della Memoria).

Prof. Fabrizio Apollonio

RELAZIONE FASE DI RILIEVO ILLUMINOTECNICO DELLA PIAZZA DEL NETTUNO – BOLOGNA LABORATORIO LUCE

Relazione a cura di:

Laboratorio LUCE, Dipartimento di Design, Politecnico di Milano

1. CONSIDERAZIONI INIZIALI SULL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DELLA FONTANA DEL NETTUNO

L'impianto di illuminazione è costituito da un proiettore roto-simmetrico per lampada a ioduri metallici con apertura (stimata dalla posizione relativa tra apparecchio e statua) di $2 \times 3^\circ$, che viene utilizzato per creare l'ombra della statua sull'edificio che ospita gli uffici del Comune di Bologna (Figura 1).



Figura 1: Effetto luminoso prodotto dal proiettore roto-simmetrico posto sull'edificio 02 – Palazzo Re Enzo (cfr. Figura 25)

La vasca della fontana e il basamento della statua non sono attualmente illuminati (Figura 2), dal momento che l'impianto di illuminazione immerso nella vasca principale è stato rimosso (plausibilmente perché non più funzionante).



Figura 2: Impianto di illuminazione immerso nella vasca principale della fontana del Nettuno

Nelle condizioni attuali, il basamento e i giochi d'acqua ricevono luce solamente per via indiretta dalle facciate degli edifici circostanti e dalla porzione del fascio di luce del proiettore roto-simmetrico che non intercetta la statua.

Ne consegue che la parte del basamento e dei giochi d'acqua risultano piatti ed uniformi, e le differenze tra i chiari e gli scuri sono date esclusivamente dalla riflettanza del materiale e dallo strato di ossido che ricopre alcuni elementi della fontana.

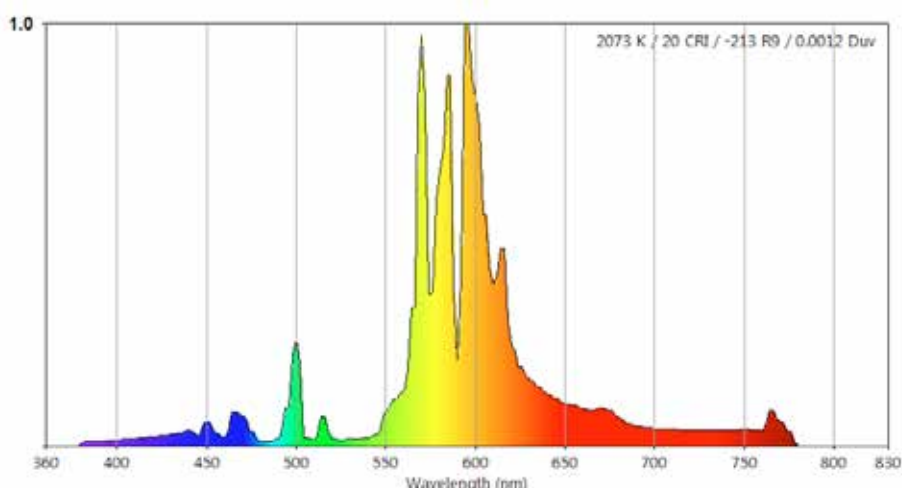
2. COLORE DELLA LUCE

1. Non si hanno informazioni precise a questo riguardo provenienti dal gestore dell'impianto di illuminazione

Nella piazza sono state impiegate presumibilmente¹ due differenti tipologie di lampade a scarica:

- Lampada al sodio ad alta pressione - HPS (Figura 3)
- Lampada ioduri metallici - MH (Figura 5)

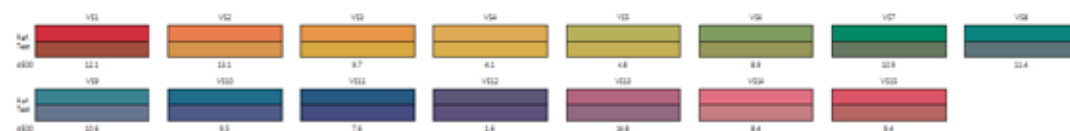
Figura 3: Distribuzione spettrale di una lampada al sodio ad alta pressione



La prima tipologia di lampada è utilizzata per l'illuminazione della maggior parte delle facciate degli edifici (ad esclusione della chiesa), dove abbondano i colori giallo-verdi e per i quali questa lampada garantisce una sufficiente resa cromatica ($R_a=20-23$) unitamente a un elevato valore di efficienza luminosa.

Dall'esame della Figura 7, si evince che la lampada HPS garantisce un aumento di satura-

Figura 4: Confronto tra la resa cromatica di 15 campioni saturi di colore illuminati da una lampada HPS e dalla sorgente di riferimento a pari temperatura di colore 2073 K (corpo nero)



zione per i campioni cromatici giallo-verdi (anche se con distorsione di tinta), ma allo stesso tempo i campioni arancio-rossi risultano de-saturati.

La lampada a ioduri metallici garantisce valori più elevati di resa cromatica ($R_a=65$) e di temperatura correlata di colore (nelle considerazioni che seguono verrà considerato un valore nominale molto diffuso di 4000 K) a scapito però di una riduzione dell'efficienza.

Dall'esame della Figura 6, appare chiaro che questa lampada garantisce una migliore resa di tutti i campioni cromatici (ed è plausibilmente per questo motivo che è stata utilizzata per l'illuminazione della statua del Nettuno e di alcuni elementi marmorei), anche se i rossi profondi non vengono resi al meglio, rispetto all'illuminante di riferimento.

Confrontando la Figura 7 e Figura 8 si osserva che la gamut area (area che racchiude tutti i possibili colori riproducibili da una sorgente) della seconda è maggiore della prima e che, nel suo complesso, la distorsione delle tinte appaiono più contenute.

La moderna tecnologia LED, consente di ottenere una grande flessibilità nella gestione della “resa del colore” delle superfici e della tonalità della luce, mantenendo al contempo una discreta efficienza luminosa.

Figura 5: Distribuzione spettrale di una lampada a ioduri metallici

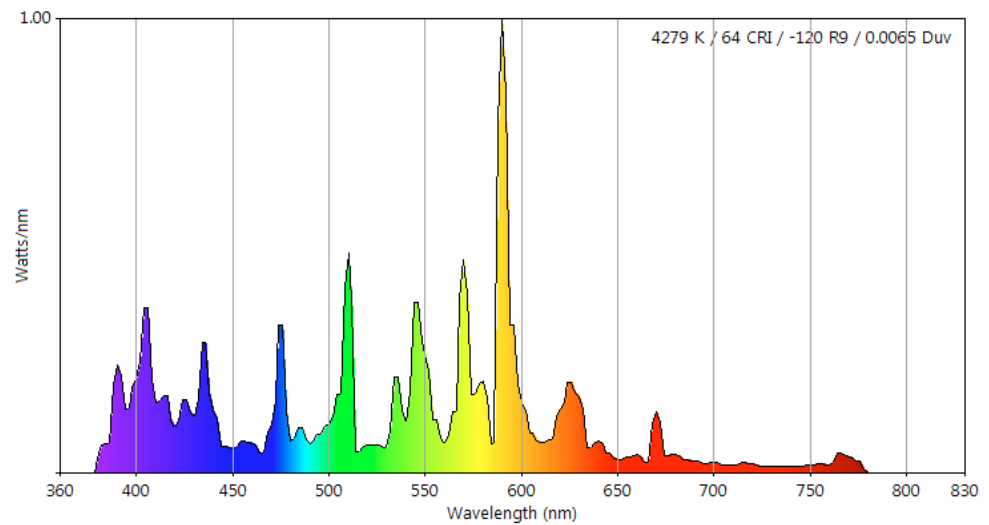


Figura 6: Confronto tra la resa cromatica di 15 campioni saturi di colore illuminati da una lampada MH e dalla sorgente di riferimento a pari temperatura di colore 4279 K (corpo nero)

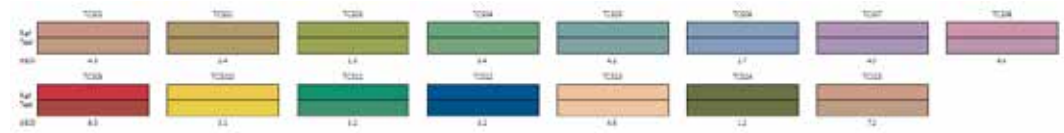
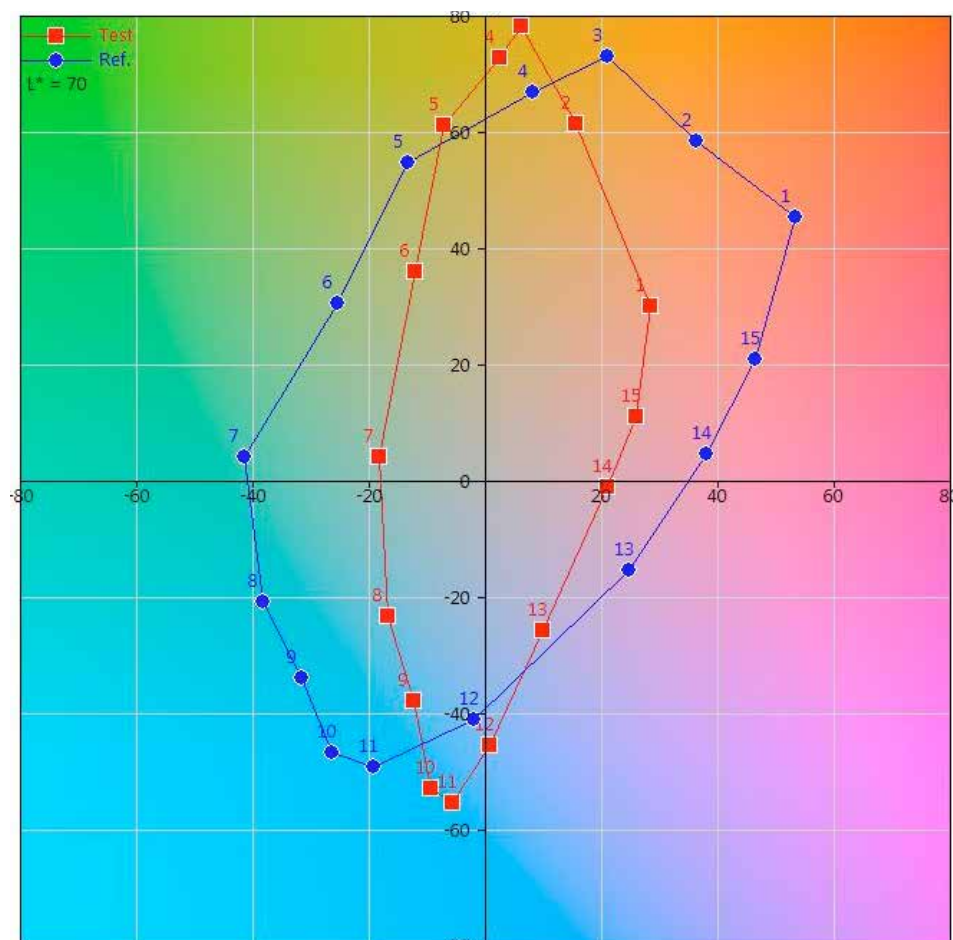


Figura 7: Gamut area della lampada HPS (in blu) a confronto con l'illuminante di riferimento per 15 campioni di colore saturi dell'indice di resa cromatica CQS²



2. Davis, Wendy, and Yoshi Ohno. “Color Quality Scale.” *Optical Engineering* 49, no. 3 (2010): 033602–033602 – 16. doi:10.1117 / 1.3360335.

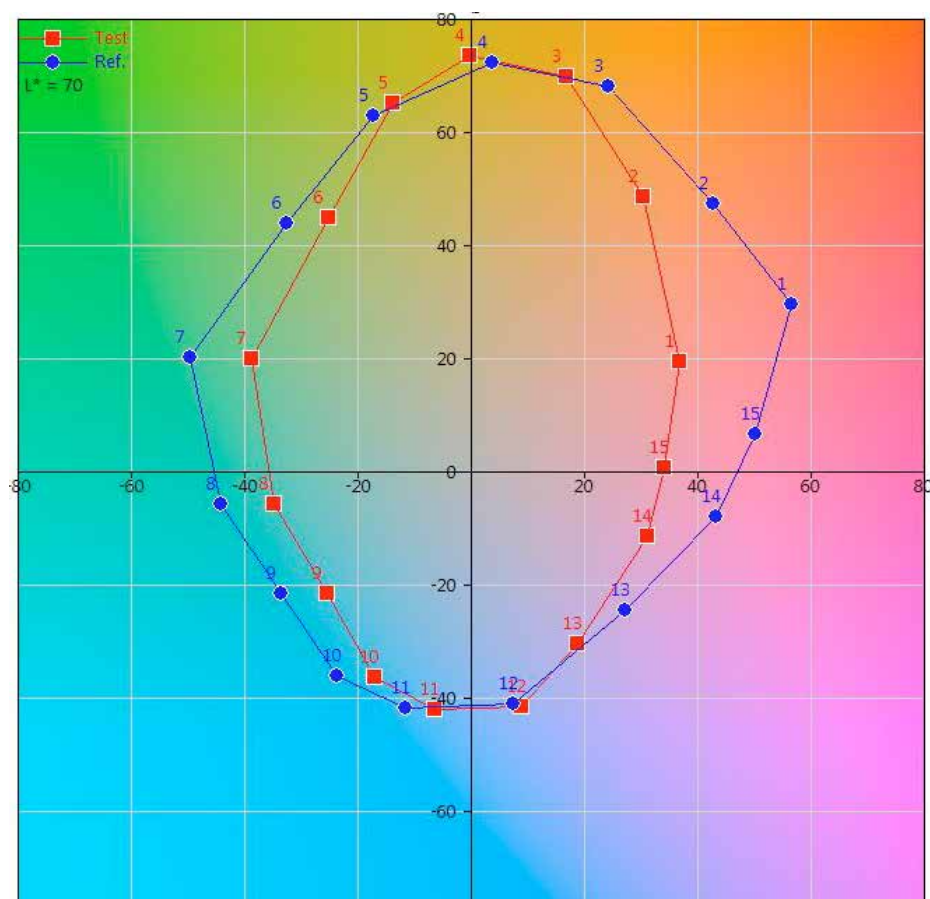


Figura 8: Gamut area della lampada MH (in blu) a confronto con l'illuminante di riferimento per 15 campioni di colore saturi dell'indice di resa cromatica CQS

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

La norma di riferimento per l'illuminazione della piazza è la UNI 11248_2012 in corso di aggiornamento e la norma armonizzata europea EN 13201_02. Sulla base del prospetto 1 della norma UNI 11248 (Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di ingresso per l'analisi dei rischi obbligatoria), la categoria illuminotecnica per l'ingresso nell'analisi dei rischi è la S2, i cui parametri illuminotecnici sono riportati nella tabella 3 della norma UNI EN 13201-02 del 2004, riportata alla Figura 9. Per coerenza, dal momento che la norma UNI 11248 del 2012 non è stata ancora aggiornata, si è ritenuto di riferirsi alla precedente versione della norma Europea.

Senza entrare nel merito dell'analisi dei rischi, che avrebbe potuto prevedere un declassamento massimo di due categorie illuminotecniche, i requisiti da considerare sono quelli evidenziati in rosso nella Figura 9.

Sulla base della misure di illuminamento effettuate, limitate alle zone della piazza nelle immediate vicinanze della fontana, l'impianto attuale soddisfa al più i requisiti illuminotecnici della categoria S4.

Table 3 — S-series of lighting classes

Class	Horizontal illuminance	
	$\bar{E}$ in lx ^a [minimum maintained]	E_{min} in lx [maintained]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	performance not determined	performance not determined
^a To provide for uniformity, the actual value of the maintained average illuminance may not exceed 1,5 times the minimum $\bar{E}$ value indicated for the class.		

Figura 9: Requisiti illuminotecnici per le classi S (estratto della norma EN 13201_02 del 2004)

Miglioramenti base delle performance potrebbero ottenersi attraverso un intervento di manutenzione straordinaria, che comprenda la sostituzione delle lampade, il ripristino del funzionamento di degli apparecchi che attualmente risultano spenti.

4. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per le misure di illuminamento è stato utilizzato il luxmetro LMT Pocket Lux 2, le cui principali caratteristiche tecniche sono riportate di seguito :

3. Valore del certificato di calibrazione

4. Valore del certificato di calibrazione

- f1 (correzione spettrale) =1.8%³
- f2 (correzione alla legge del coseno)=0.9%⁴
- f3(linearità)<0.1%+- 1 digit
- f4(errore di visualizzazione)<0.55%

L'incertezza complessiva dello strumento risulta inferiore al 5% e quindi può essere classificato in uno strumento in classe A.

Per le misure di luminanza, sono stati utilizzati tre differenti strumenti:

- Minolta CA200 (video colorimetro) con ottica standard: lo strumento, dotato di un angolo di campo di 2x21.4°, consente di rilevare una mappa di luminanza/cromaticità della scena inquadrata, garantendo una incertezza nella valutazione della luminanza del 3% circa. I dettagli delle specifiche dello strumento utilizzato sono riportati alla Figura 10.
- Canon EOS 550D con ottica zoom 18-55 mm, precedentemente calibrata in laboratorio prima dell'esecuzione delle misure. La calibrazione ha riguardato la stima della risposta

dinamica della fotocamera, la vignettatura dell'obiettivo in funzione dei del diaframma impiegato, la correzione spettrale, ottenuta come combinazione dei canali RGB della fotocamera.

- Luminanzometro Minolta LS-100 apertura 1°, che garantisce una accuratezza di misura del $2\% \pm 1$ digit per valori di luminanza tra 0.001 e 0.999 cd/m² del valore misurato e pari al $2\% \pm 2$ digit per valori di luminanza superiori a 1 cd/m².

Light receptor	CCD image sensor (monochrome); 2/3-inch; Effective number of pixels: 1,000 x 1,000 pixels; Equipped with XYZ filter (closely matches CIE 1931 color-matching function) and ND filter				
Lens	Interchangeable Standard, wide, and telephoto lenses; low-magnification and high-magnification macro rings (for use with telephoto lens)				
Measurement points	980x980 (Available to select 490x490 or 196x196 by using Data Management Software CA-S20w.)				
Color indication modes	XYZ, Lxy, Lu'v', TΔuv, Dominant wavelength, Excitation purity, Lv contrast				
Display modes	Pseudo color, RGB image, 3D graph, Chromaticity diagram, Multi point display, Cross section, Nonuniformity highlighting, Histogram				
Measurement sizes (length per side of square)*1	Standard lens	Wide lens	Telephoto lens	With low-magnification macro ring	With high-magnification macro ring
	Approx. 98 mm or more (depending on the distance)	Approx. 145 mm or more (depending on the distance)	Approx. 115 mm or more (depending on the distance)	Approx. 57 mm (Fixed)	Approx. 27 mm (Fixed)
Measurement size for typical measurement distances	98 mm/250 mm Approx.	145 mm/200 mm Approx.	115 mm/800 mm Approx.	57 mm/500 mm Approx. (Fixed)	27 mm/300 mm Approx. (Fixed)
	210 mm/500 mm Approx.	410 mm/500 mm Approx.	275 mm/2,000 mm Approx.		
	440 mm/1,000 mm Approx.	850 mm/1,000 mm Approx.	420 mm/3,000 mm Approx.		
	890 mm/2,000 mm Approx.	1,770 mm/2,000 mm Approx.			
Measurement luminance range (including ND filter use)	0.1-100,000 cd/m ²	0.1-100,000 cd/m ²	0.5-100,000 cd/m ²	0.5-100,000 cd/m ²	1-100,000 cd/m ²
Measurement time (*2)	Single : Approx. 5 sec. or more; 4-time integration: Approx. 6 sec. or more; 16-time integration: Approx. 10 sec. or more; 64-time integration : Approx. 28 sec. or more; 256-time integration : Approx. 98 sec. or more				
Accuracy (*3)	Luminance	±3 %	±3 %	±3 %	±3 %
	Chromaticity	±0.005	±0.005	±0.005	±0.005
	Temperature/humidity characteristics (within the operating temperature/humidity range) Luminance: ±2% of change compared to reference temperature and relative humidity of 23°C and 40% Chromaticity: ±0.004 of change compared to reference temperature and relative humidity of 23°C and 40%				
Repeatability (*4)	Luminance	0.5 %	0.5 %	0.5 %	0.5 %
	Chromaticity	0.001	0.001	0.001	0.001
Inter-point error (*5)	Luminance (*6)	±2 %	±2 %	±2 %	±2 %
	Chromaticity (*6)	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002
	Luminance (*7)	±3 %	±3 %	±3 %	±3 %
	Chromaticity (*7)	±0.003	±0.003	±0.003	±0.003

Figura 10: Dettaglio delle caratteristiche del video colorimetro Minolta CA2000 utilizzato per l'esecuzione dei rilievi di luminanza

4.1 Misure di illuminamento

Le misure di illuminamento sul piano stradale sono state eseguite nelle giornate del 3 Marzo 2016 dalle ore 19.30 alle ore 20.30 e del 14 Aprile 2016, dalle ore 23.30 alle ore 4.30. Nella prima serie di misure, l'impianto di illuminazione della statua del Nettuno risultava funzionante e i valori di illuminamento rilevati tengono pertanto conto di tale contributo (tuttavia limitato alla sola area immediatamente circostante alla statua).

Le oscillazioni registrate tra valori medi calcolati a partire dai dati delle due rilevazioni, sono probabilmente da attribuirsi a due fenomeni:

- Differente contributo dell'illuminazione privata (vetrina) nella colonna G tra le due campagne di misurazione
- Assenza del contributo del proiettore che illumina la statua nella seconda campagna di misurazione.

Per le misure effettuate con luce di accento sulla statua sono stati considerati due differenti reticoli di misura, come mostrato dalla Figura 11 e alla Figura 12.

Il primo reticolo considerato affaccia verso la via Francesco Rizzoli, il secondo invece affaccia verso Piazza Maggiore, come illustrato dalle rispettive figure.



Figura 11: Reticolo di misura degli illuminamenti rivolto verso Via Francesco Rizzoli (misure 3 Marzo 2016)

Dall'esame dei risultati, si osserva che i valori di illuminamento diminuiscono man mano che ci si allontana dalla via Rizzoli e ci si avvicina alla statua del Nettuno, dove non si registra il contributo degli apparecchi di illuminazione che illuminano la sede stradale a traffico veicolare e il relativo marciapiede.

La colonna G, risente molto del contributo dell'illuminazione privata e delle vetrine del negozio presente e della lanterna posta all'angolo della piazza, come mostrato dalla Figura 13.



Figura 12: Reticolo illuminamenti piazza Nettuno verso piazza Maggiore (misure 3 Marzo 2016)

Tabella 1: Tabella degli illuminamenti rilevati sul piano stradale in corrispondenza dei nodi del reticolo (lato verso via Francesco Rizzoli)

Distanza (m)	A	B	C	D	E	F	G
0	4.90	5.50	6.60	8.80	9.90	11.40	14.60
5	3.60	4.50	5.00	5.60	6.10	9.20	28.50
10	3.80	4.20	3.70	4.00	4.40	5.50	7.70
15	4.10	3.80	3.30	3.10	2.90	4.50	19.30
20	3.50	3.70	3.00	2.70	2.50	3.00	4.00
25	3.90	3.60	2.80	2.50	2.30	1.70	
E_m 5.80 lux							
U_0 0.29							

Tabella 2: Tabella degli illuminamenti rilevati sul piano stradale in corrispondenza dei nodi del reticolo (lato verso Piazza Maggiore)

Distanza (m)	A	B	C
0.0	4.0	3.6	3.6
3.8	4.0	3.9	3.8
7.5	4.1	4.3	4.3
11.3	4.1	3.9	4.5
15.0	4.0	3.7	4.1
E_m 4.0 lux			
U_0 0.90			

Figura 13: Contributo all'illuminamento della colonna G della lanterna e della vetrina del negozio.

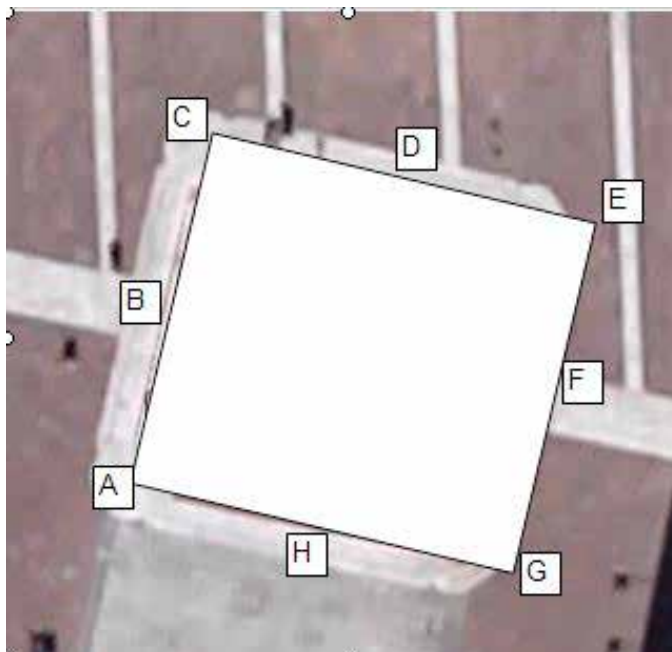


Il valore medio, considerando tutti i punti di misura, è di circa 6 lux medi, con un livello di uniformità (definita dal rapporto tra il valore minimo di illuminamento e il valore medio) non elevato, pari a 0.29 (dovuto essenzialmente alla presenza della colonna G e dai valori molto più elevati della media della prima riga della Tabella 1).

Il secondo reticolo di illuminamento è rappresentato alla Figura 12, da cui è stato ottenuto un valore di illuminamento medio pari a 4 lux, con valore elevato di uniformità, dovuto in parte al minor numero di punti di campionamento, concentrati nella zona centrale della piazza.

Infine, nella medesima configurazione di accensione dell'impianto, sono stati misurati gli illuminamenti alla base del primo scalino del basamento della statua (Figura 14): i valori rilevati sono relativamente uniformi, ma di modesta intensità (il valore medio è di circa 4 lux).

Figura 14: Posizione dei punti di misura sul piano del calpestio rilevati in corrispondenza del basamento del primo scalino (misure 3 Marzo 2016)



La Tabella 3 contiene i valori di illuminamento misurati, in corrispondenza dei punti indicati dalla Figura 14: tali valori risentono anche del contributo della luce d'accento sulla statua del Nettuno.

Punto	Illuminamento (lux)	
A	4.0	
B	3.2	
C	3.0	
D	2.3	E_m 3.18 lux
E	2.8	U_0 0.72
F	2.9	
G	3.5	
H	3.7	

Tabella 3: Tabella degli illuminamenti rilevati sul piano stradale alla base dei gradini della fontana in corrispondenza dei nodi del reticolo

Le misure di illuminamento condotte in assenza della luce d'accento sono state ripetute nelle medesime posizioni delle precedenti, considerando però un reticolo più fitto del precedente: questo è stato possibile solo effettuando le misure ad un'ora più tarda della precedente, dove il numero di passanti e di biciclette (e di conseguenza, di ombre proiettate) risultava ridotto.

La Figura 15 mostra il nuovo reticolo degli illuminamenti, mentre alla Tabella 4 i valori degli illuminamenti rilevati ai nodi del reticolo sul piano del calpestio: la differenza tra i valori medi tra le due differenti serie di misurazione, è essenzialmente dovuta ai valori della colonna G misurata in corrispondenza della vetrina del negozio.

La Figura 16 mostra il reticolo degli illuminamenti in corrispondenza della statua dal lato di Piazza Maggiore, mentre la Tabella 5, riporta i valori degli illuminamenti misurati ai nodi del reticolo sul piano del calpestio.

La Figura 17, mostra la posizione dei punti di misura degli illuminamenti alla base degli scalini della fontana, mentre la Tabella 6, mostra i valori rilevati.

Figura 15: Reticolo di misura degli illuminamenti rivolto verso Via Francesco Rizzoli (misure 14 Aprile 2016)



Tabella 4: Tabella degli illuminamenti rilevati sul piano stradale in corrispondenza dei nodi del reticolo (lato verso via Francesco Rizzoli)

Distanza (m)	A	B	C	D	E	F	G
0	3.90	5.20	6.20	8.50	9.30	10.70	14.90
5	4.30	4.30	4.40	4.90	5.60	8.80	24.90
10	3.60	3.60	3.10	2.90	3.70	4.70	5.90
15	3.30	3.00	2.50	2.50	2.30	3.80	9.00
20	3.20	2.50	2.00	1.70	1.60	2.20	2.90
25	2.90	2.00	2.50	1.40	1.30	1.00	
30	1.60	1.40	1.00	0.90	1.20	1.20	
E_m	4.35 lux						
U_0	0.21						

Figura 16: Reticolo illuminamenti piazza Nettuno verso piazza Maggiore (misure 14 Aprile 2016)

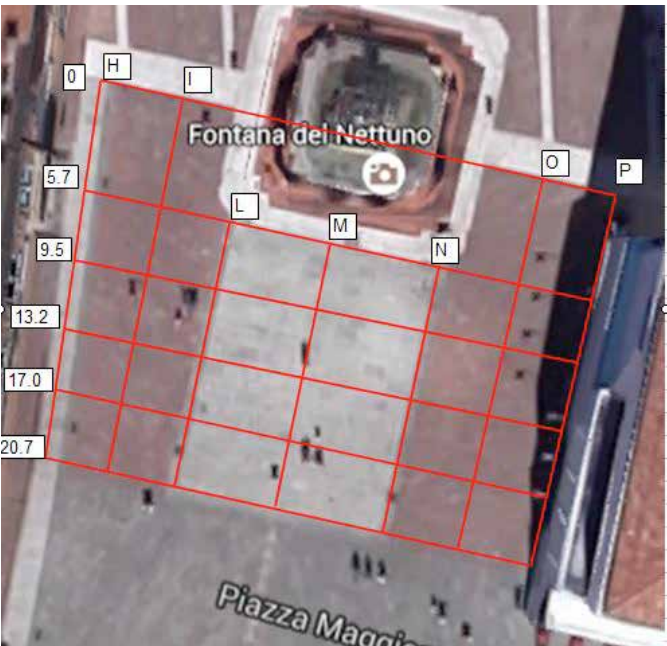


Tabella 5: Tabella degli illuminamenti rilevati sul piano stradale in corrispondenza dei nodi del reticolo (lato verso Piazza Maggiore)

Distanza (m)	H	I	L	M	N	O	P
0.0	1.40	1.30				1.30	2.10
5.7	1.30	1.40	1.20	1.20	1.30	1.20	0.90
9.5	1.50	1.40	1.30	1.50	1.70	1.50	1.20
13.2	1.60	1.50	1.40	1.80	2.50	4.10	6.90
17.0	1.90	1.50	1.50	1.60	2.90	3.80	7.00
20.7	2.10	1.50	1.50	1.80	2.00	1.90	2.10
E_m	2.0 lux						
U_o	0.45						

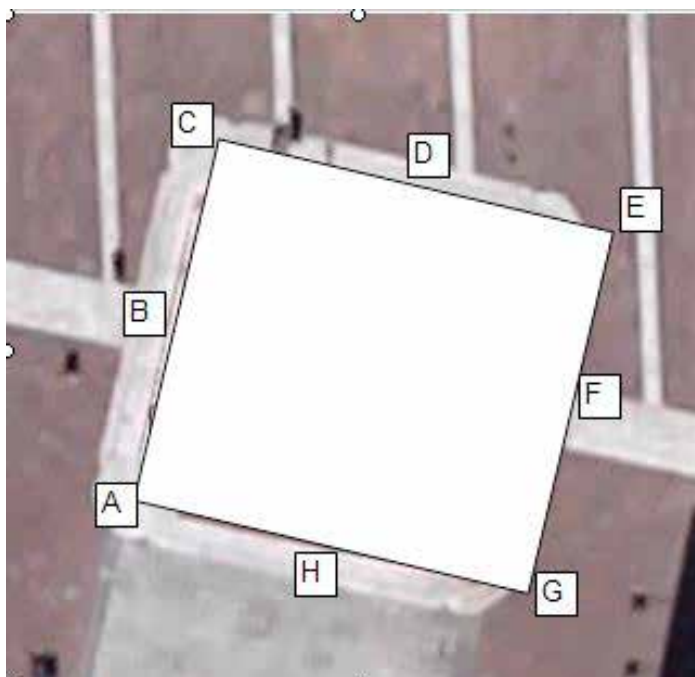


Figura 17: Posizione dei punti di misura sul piano del calpestio rilevati in corrispondenza del basamento del primo scalino (misure 14 Aprile 2016)

Punto	Illuminamento (lux)	
A	1.20	
B	1.10	
C	1.20	
D	0.90	E_m 1.20 lux
E	1.40	U_o 0.75
F	1.30	
G	1.30	
H	1.20	

Tabella 6: Tabella degli illuminamenti rilevati sul piano stradale alla base dei gradini della fontana in corrispondenza dei nodi del reticolo

4.2 Misure di Luminanza

Le misure di luminanza sono state condotte in due giornate, il 3 Marzo 2016, con l'impianto completamente acceso e il giorno 14 Aprile 2016, in cui il proiettore della luce d'accento risultava spento e durante i rilievi (attorno alle ore 02.00), anche il proiettore che illumina la facciata dell'edificio 9 (Palazzo d'Accursio, figura 25) è stato spento. Per tale motivo, l'edificio 9 non compare tra i rilievi.

La fontana del Nettuno e lo spazio circostante sono stati misurati in tutte le direzioni per valutare diversi aspetti:

- La capacità di rendere il modellato della statua da parte del sistema di illuminazione.
- Valutazione della gerarchia dei diversi edifici e monumenti, considerando diverse direzioni di osservazione (lo scopo è quello di cercare di valutare quali elementi architettonici attraggono maggiormente l'attenzione di un osservatore che guardi in diverse direzioni all'interno della piazza, supponendo che edifici a più elevata luminanza catturino maggiormente il suo sguardo).

L'utilizzo di una mappa di luminanza risulta la scelta migliore per valutare i due parametri definiti in precedenza, dal momento che una comune fotografia notturna (come quella riportata in Figura 18), non consente di quantificare in modo accurato le luminanze degli edifici, della fontana e della statua: l'immagine, con un elevato tempo di esposizione, può apparire molto luminosa, ma in realtà i valori di luminanza della statua e della maggior parte degli edifici (fatta eccezione per quello che compare sullo sfondo) risulta inferiore a 2 cd/m^2 (cfr. Figura 19).

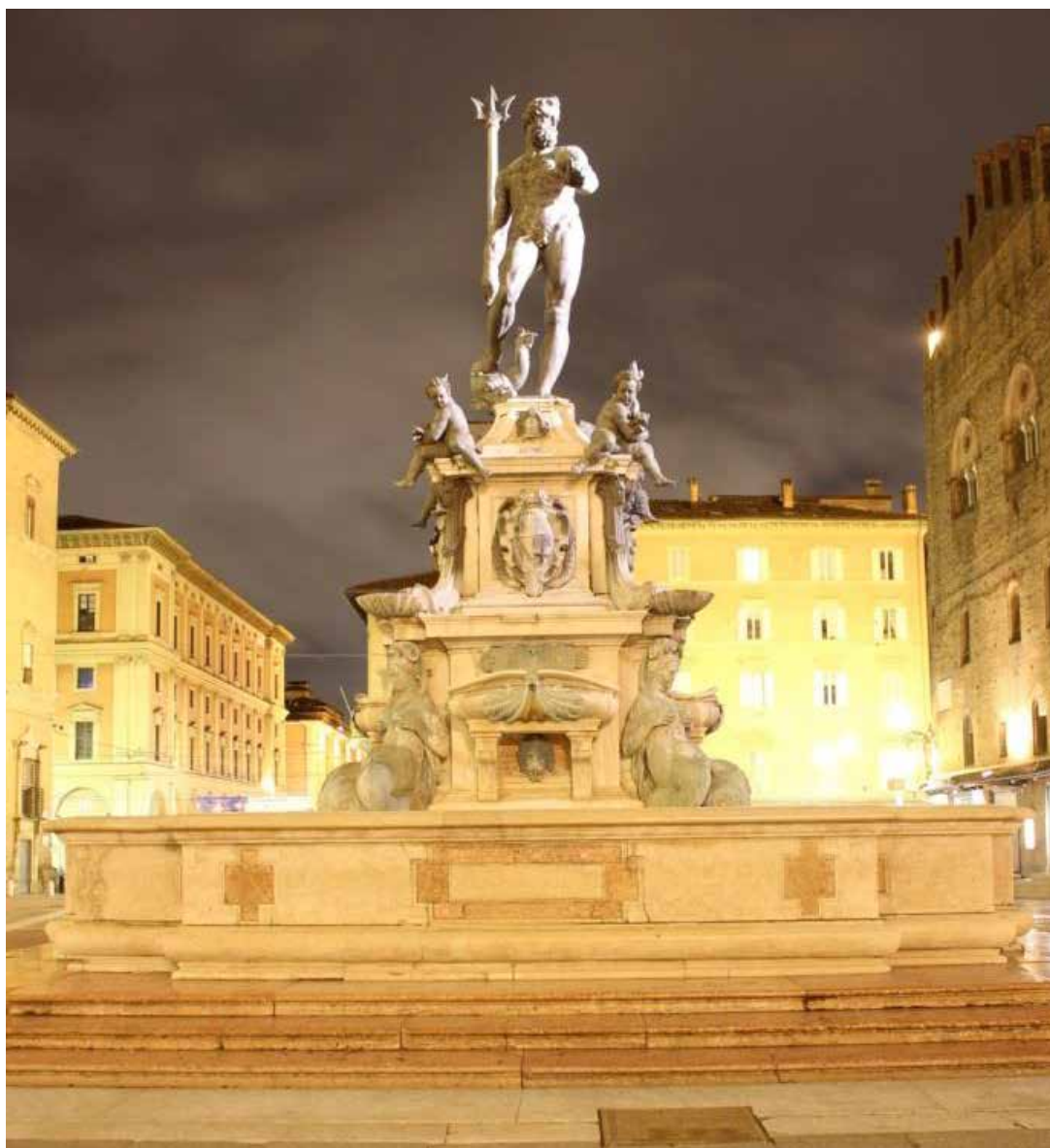
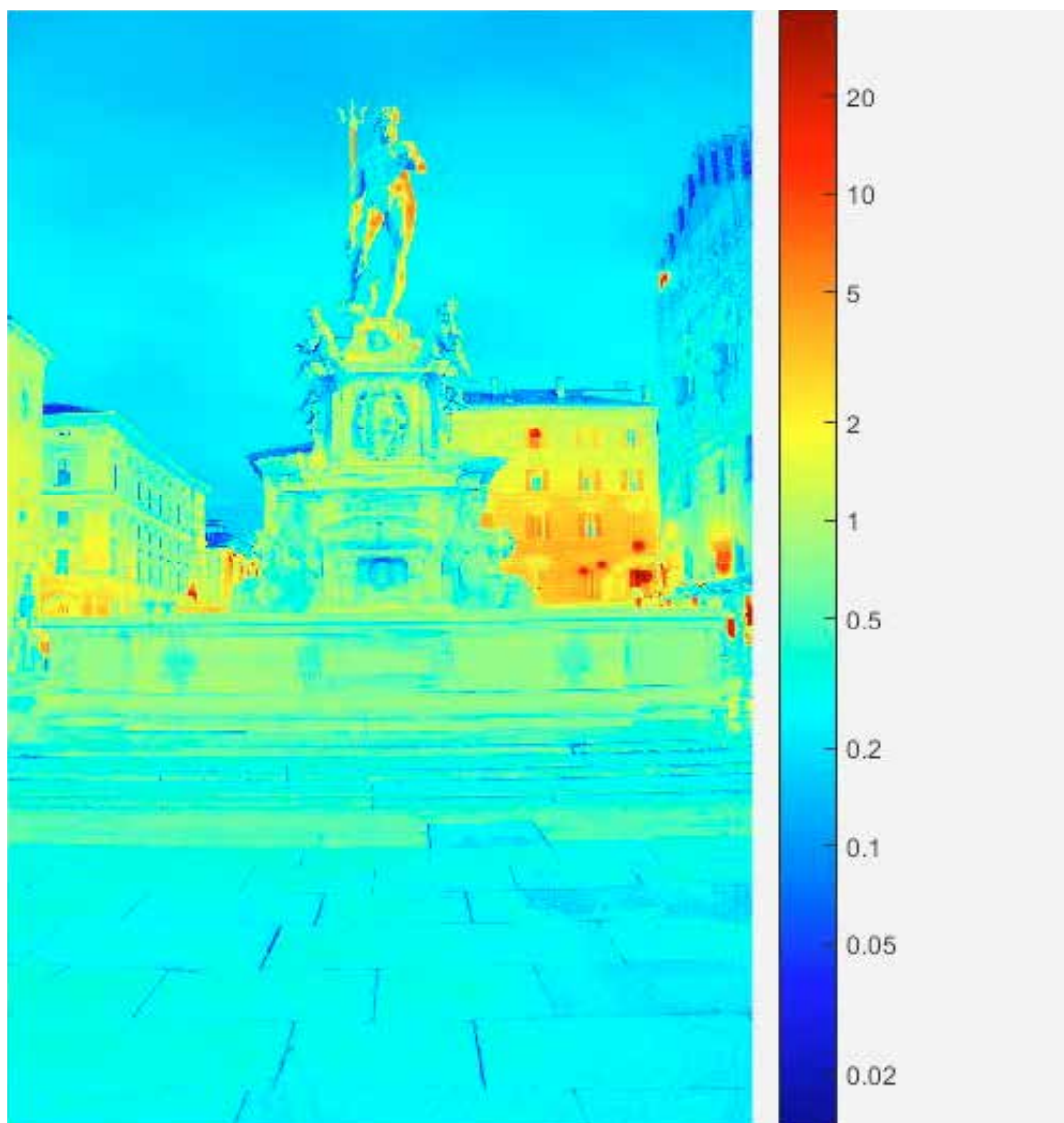


Figura 18: Immagine notturna della fontana e della statua, poco adatta a valutare la luminosità dell'ambiente

Figura 19:
Distribuzione della
Luminanza in scala
logaritmica della
fontana (direzione di
vista verso via Rizzoli)



Dall'esame della Figura 19 (vista che avrebbe un osservatore proveniente da piazza Maggiore e che guarda in direzione di via Francesco Rizzoli), si osserva che il valore medio di luminanza del basamento della statua, risulta pari a circa 0.68 cd/m^2 , mentre il valore nell'area circostante alla coscia destra sale fino a circa 2.1 cd/m^2 , raggiungendo 2.7 cd/m^2 sulla coscia sinistra. Questa distribuzione di luminanza è dovuta al proiettore posto sulla facciata dell'edificio adiacente alla fontana (Palazzo del Podestà) che illumina la statua proiettando la sua immagine sull'edificio opposto (Palazzo d'Accursio).

A conferma delle considerazioni fatte sull'immagine di luminanza, sono state eseguite una serie di misure con un luminanzometro portatile (Minolta LS-100 con apertura di misura 1°), puntandolo in corrispondenza di 4 punti, ritenuti significativi, posti sulla fontana (basamento della statua) e sulla statua stessa.

I valori di tali misure sono da ritenersi medie su un'area circolare di misura di circa 17 cm (area del cerchio su di un piano perpendicolare all'asse di misura visto sotto un'apertura di un grado, ad una distanza di 4.98 m) e i risultati ottenuti sono stati riportati alla Figura 20. Que-

sta misura si è resa necessaria per avere una percezione immediata dei valori di luminanza durante la fase di rilievo, prima ancora che fossero disponibili le informazioni dedotte dalle mappe di luminanze rilevate in seguito.



Figura 20: Misure di luminanza con luminanzometro Minolta LS-100 con apertura 1°.

La mappa di luminanza della fontana e della statua volgendo lo sguardo da Via Rizzoli verso piazza Maggiore è riportata in Figura 21, dove si osserva che il basamento oscilla tra 0.5 e 0.6 cd/m^2 , il lato destro della statua si trova tra 0.2 e 0.5 cd/m^2 , mentre il lato sinistro assume valori più elevati fino a circa 5.8 cd/m^2 (vedi dettaglio della Figura 22).

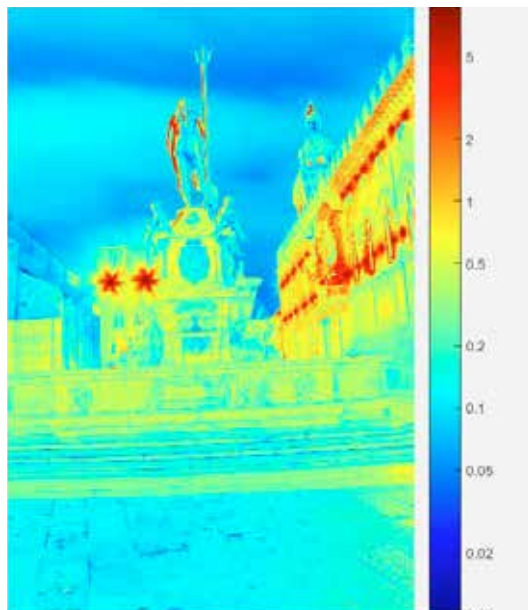


Figura 21: Distribuzione della Luminanza in scala logaritmica della fontana (direzione di vista verso piazza Maggiore).

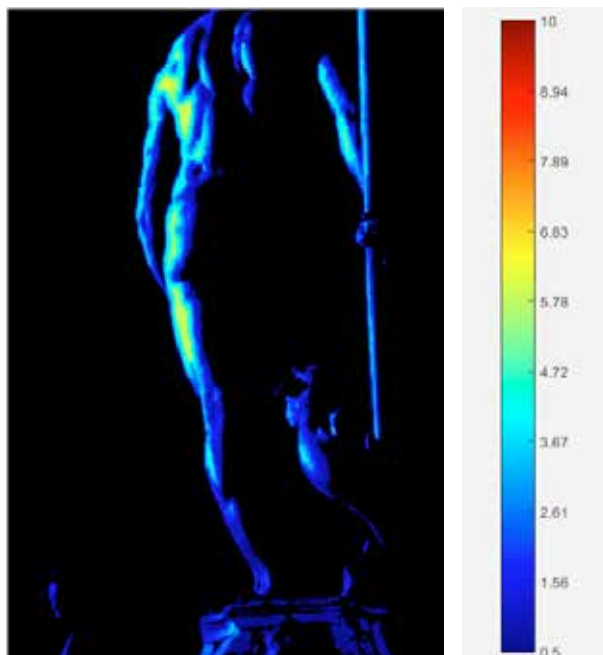


Figura 22: Dettaglio lato sinistro statua Nettuno (direzione di vista verso piazza Maggiore)

Le due direzioni di osservazione considerate sembrano essere quelle principali per le quali la visibilità della statua e della fontana non risulta al momento ottimale.

In assenza dell'illuminazione d'accento (rilievi effettuati il 14 Aprile), la situazione ovviamente peggiora, come si può notare dalla Figura 23, nella quale i valori di luminanza della statua sono compresi tra 0.1 cd/m² e 0.2 cd/m², mentre i valori del basamento sono compresi tra 0.3 cd/m² e 0.5 cd/m². Dalla medesima figura, appare chiaro che sono molto più visibili ed evidenti gli edifici sullo sfondo e sui lati della fontana, che raggiungono valori pari o superiori a 2 cd/m² (valore di saturazione della scala logaritmica utilizzata).



Figura 23: Mappa delle luminanze per la vista da Piazza Maggiore verso via Rizzoli, in assenza dell'illuminazione d'accento

Per quanto riguarda la vista verso Piazza Maggiore in assenza della luce di accento, la situazione non sembra migliorare, come si vede nella Figura 24, dove la statua presenta una luminanza approssimativamente di 0.2 cd/m^2 , mentre il basamento oscilla tra 0.2 cd/m^2 e 0.5 cd/m^2 .

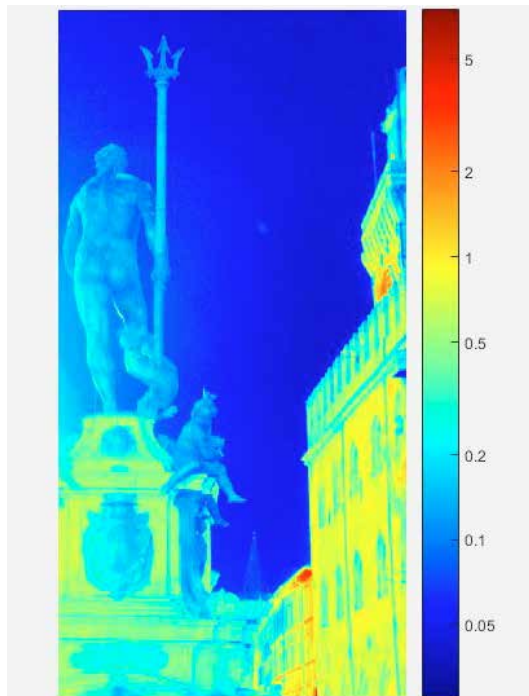


Figura 24: Mappa delle luminanze per la vista da via Rizzoli, in assenza dell'illuminazione d'accento

Per quanto riguarda le altre due viste (laterali), la situazione non è molto diversa da quella appena descritta, sia in presenza di luce d'accento, sia in sua assenza.

Relativamente all'individuazione di una gerarchia luminosa tra gli edifici della piazza (spesso si desidera che l'osservatore proveniente da una determinata direzione sia colpito maggiormente da alcuni dettagli o edifici e solo in un secondo momento da altri) la distribuzione delle luminanze può essere un indicatore delle scelte progettuali fatte in precedenza e che caratterizzano lo stato attuale della piazza.

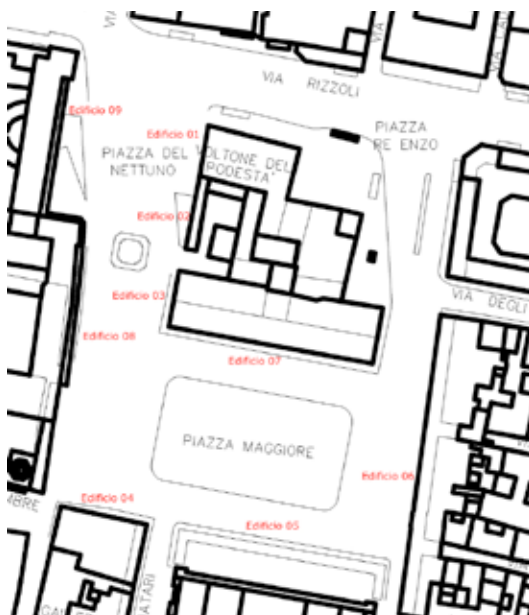


Figura 25: Numerazione edifici per mappe di luminanza

A tale scopo sono state realizzate una serie di mappe di luminanza dei principali edifici della piazza che ospita la fontana e dell'ambiente immediatamente circostante, i cui risultati sono raccolti nelle figure seguenti (Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33 e Figura 34).

Figura 26: Mappa distribuzione luminanze edifici Via Rizzoli

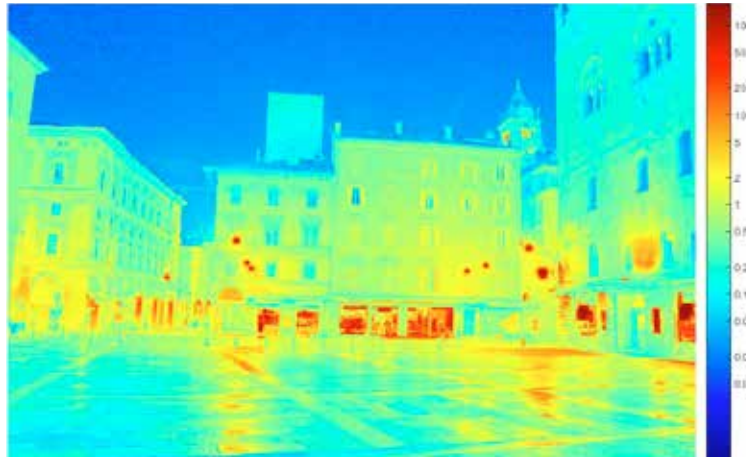


Figura 27: Mappa distribuzione di luminanza edificio 01 (Palazzo Re Enzo)

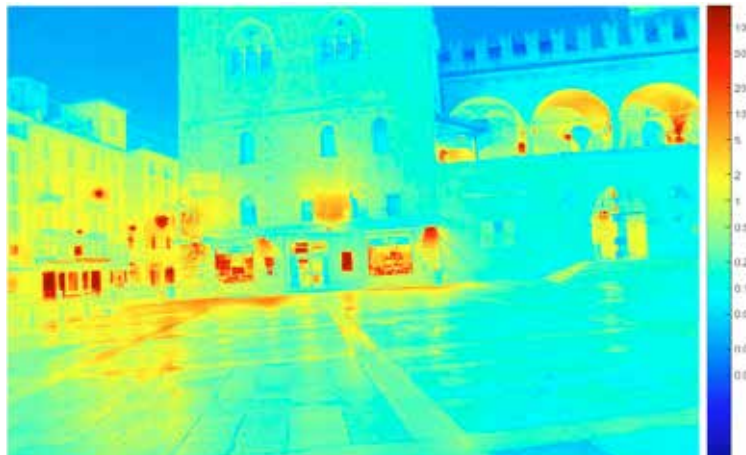


Figura 28: Mappa distribuzione di luminanza edificio 01 (Palazzo Re Enzo, dettaglio edificio più alto)

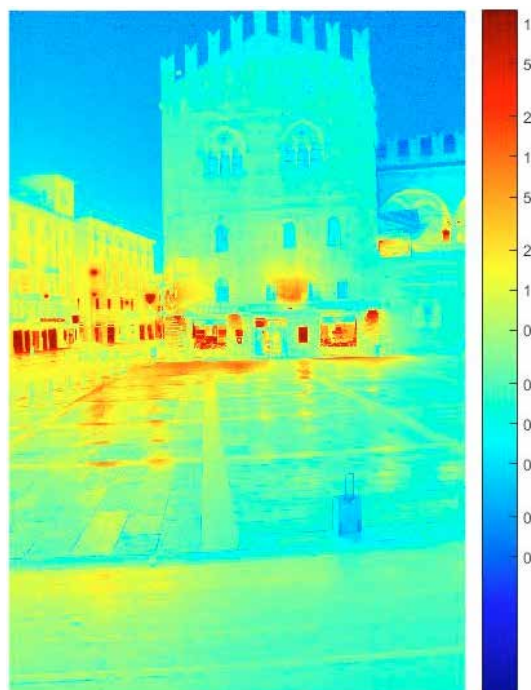


Figura 29: Mappa distribuzione di luminanza edificio 02 (ingresso Palazzo Re Enzo)



Figura 30: Mappa distribuzione di luminanza edificio 02 (Palazzo Re Enzo, dettaglio torre sullo sfondo)

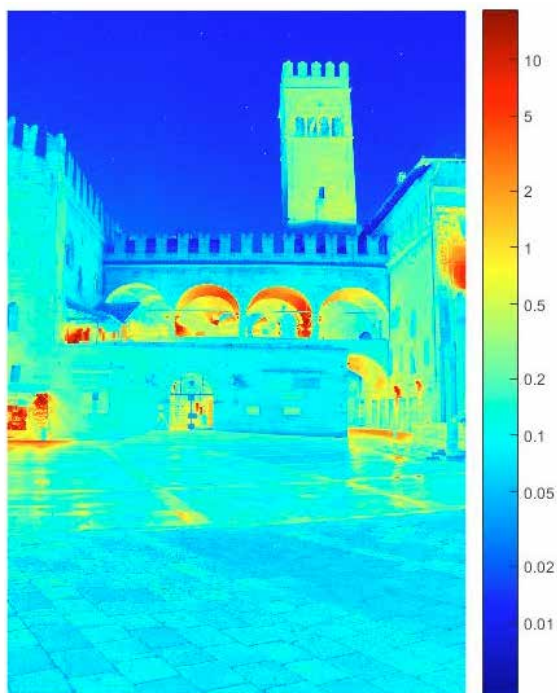


Figura 31: Mappa distribuzione di luminanza edificio 03 (Palazzo del Podestà)

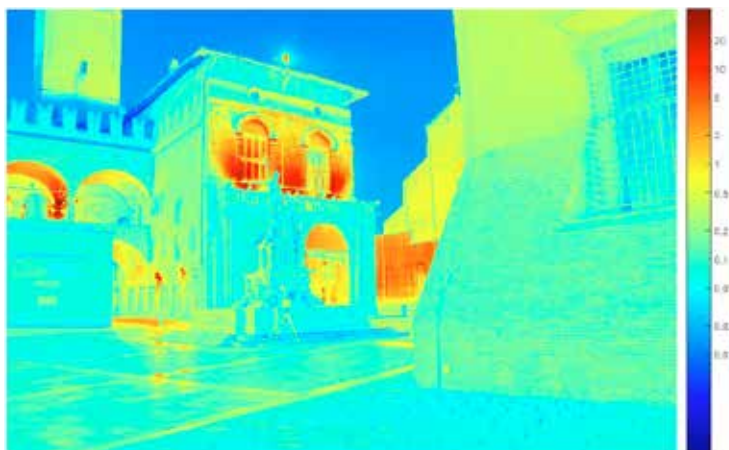


Figura 32: Mappa distribuzione di luminanza edificio 04 (Palazzo dei Notai) e 05 (Basilica di S. Petronio)



Figura 33: Mappa distribuzione di luminanza edificio 06 (Palazzo dei Banchi)

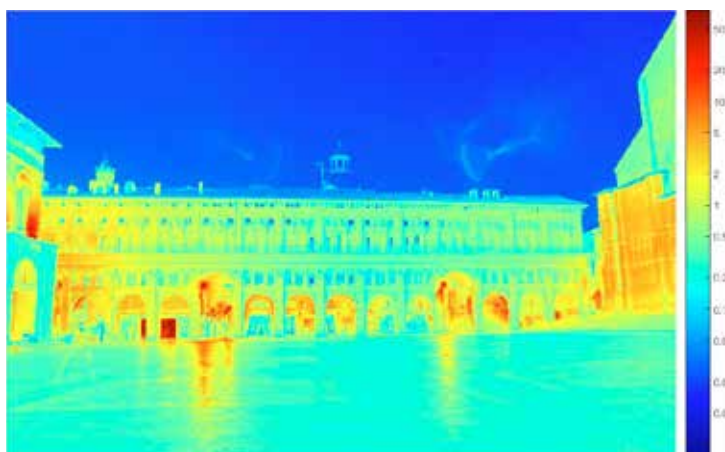
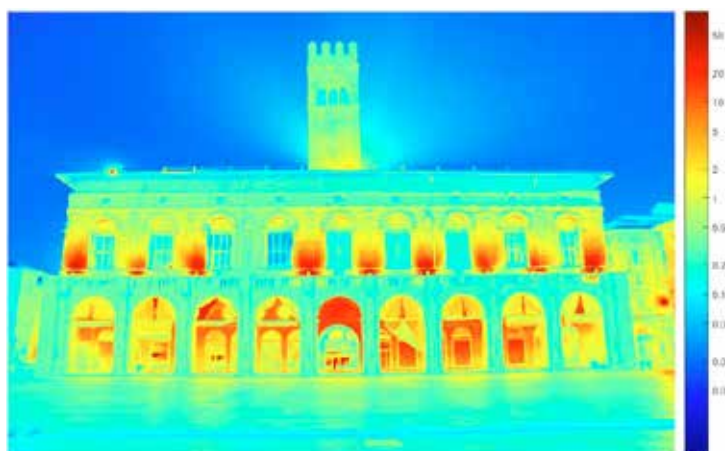


Figura 34: Mappa distribuzione di luminanza edificio 07 Facciata del Palazzo del Podestà su piazza Maggiore



Dall'esame delle figure precedenti, è possibile trarre qualche conclusione di carattere generale:

- Quasi tutte gli edifici storici che affacciano su Piazza Maggiore e Piazza del Nettuno sono dotati di un sistema di illuminazione delle facciate capace di produrre valori di luminanza tra 0.5 cd/m^2 e 2.0 cd/m^2 . In alcuni casi parte di tali impianti risultano ad oggi non correttamente orientati o non funzionanti (vedi Figura 27, Figura 32, Figura 34)
- Per i loggiati, risultano illuminati i vuoti, mentre per la parte superiore degli edifici, risultano quasi sempre illuminati i pieni tra due finestre attigue. Alcuni dei proiettori installati non risultano funzionanti.
- Qualche proiettore risulta orientato in modo abbagliante (vedi Figura 32) per un osserva-

tore che proviene da via Rizzoli e si dirige verso piazza Maggiore, volgendo lo sguardo verso la statua del Nettuno: i valori di luminanza misurati oscillano tra 2507 cd/m² e 3474 cd/m² e sono di conseguenza fastidiosi dal momento che l'osservatore è adattato a valori molto più bassi di luminanza (inferiori a 1 cd/m²).

- Per la facciata della Basilica di S. Petronio, presumibilmente il progettista ha deciso di giocare sul contrasto tra il materiale della parte inferiore (chiaro) e quello della parte superiore (scuro): il risultato notturno è una parte inferiore apparentemente molto luminosa (anche se i valori di luminanza sono in linea con quelli degli altri edifici) e una parte decisamente più scura nella parte superiore, che viene illuminata dall'edificio posto di fronte.

5. APPARECCHI

Il rilievo della posizione e della tipologia degli apparecchi, risulta fondamentale nella successiva fase di progettazione per ricreare l'ambiente luminoso circostante alla fontana del Nettuno, in modo da poter meglio valutare le diverse soluzioni proposte (esempio contrasto con lo sfondo, differenze nelle tonalità della luce per esaltare dettagli e altro ancora).

In questa prima fase si è registrata la posizione degli apparecchi negli edifici (Figura 35), la loro tipologia e la sorgente utilizzata (Tabella 7); queste informazioni dovranno essere completate attraverso l'esame della documentazione di archivio / progetto che potrebbe essere fornita dal gestore dell'impianto.

In riferimento alla valutazione dei consumi energetici dell'illuminazione della fontana, la totale mancanza dell'impianto immerso nella vasca, rende impossibile, al momento, un confronto tra le soluzioni che verranno proposte e quella attuale: ciò potrà essere fatto solo ricevendo le informazioni di archivio circa il tipo e numero di sorgenti installate nel vecchio impianto.



Figura 35: Mappa della posizione degli apparecchi il cui contributo è apprezzabile dalla zona in esame

Immagine apparecchio	ID. apparecchio	Tipo di Lampada
	1	HPS (bulbo)
	2	HPS
	3	HPS
	4	HPS
	5	LED
	6	LUCE BIANCA NEUTRA/FREDDA

Tabella 7: Tipologia degli apparecchi e relative sorgenti e loro collocazione nella piazza (Figura 35)

Immagine apparecchio	ID. apparecchio	Tipo di Lampada
	7	LUCE BIANCA CALDA
	8	LUCE BIANCA
	9	LUCE BIANCA CALDA
	10	MH
	11	HPS
	12	HPS

Tabella 7: Tipologia degli apparecchi e relative sorgenti e loro collocazione nella piazza (Figura 35)

Immagine apparecchio	ID. apparecchio	Tipo di Lampada
	13	LUCE BIANCA CALDA
	14	HPS
	15	HPS
	16	LUCE BIANCA CALDA
	17	LUCE BIANCA CALDA

Tabella 7: Tipologia degli apparecchi e relative sorgenti e loro collocazione nella piazza (Figura 35)

Immagine apparecchio	ID. apparecchio	Tipo di Lampada
	18	LAMPADA FLUORESCENTE COMPATTA
	19	HPS
	20	HG
	21	LUCE BIANCA NEUTRA/FREDDA

Tabella 7: Tipologia degli apparecchi e relative sorgenti e loro collocazione nella piazza (Figura 35)

Immagine apparecchio	ID. apparecchio	Tipo di Lampada
	22	HPS
	23	HPS
	24	MH

Tabella 7: Tipologia degli apparecchi e relative sorgenti e loro collocazione nella piazza (Figura 35)

Per quanto riguarda la luce d'accento sulla statua del Nettuno, si dovrebbe trattare di un proiettore di produzione Thorn Qba (Figura 36) adatto per lampade 35/70W/150W HIT metal halide (MT), con attacco G12 oppure HIT-CE (MT//C) con attacco G12, con ottica intensiva 2x3°, la cui distribuzione fotometrica è riportata alla Figura 37.



Figura 36: Proiettore Thorn Qba

Sulla base della sola osservazione, risulta difficile stimare la potenza della lampada, informazione che potrebbe essere facilmente fornita dal gestore dell'impianto o ricavata sulla base delle performance luminose misurate.

Qba C - Size 2

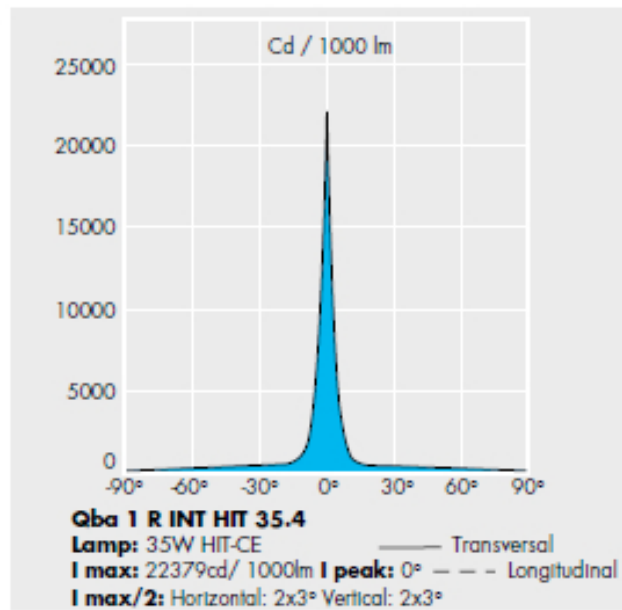


Figura 37: Distribuzione fotometrica del proiettore Thorn Qba

6. DOCUMENTAZIONE MATERIALI

Al fine di produrre i riferimenti necessari per il modello digitale dell'area in esame, sono state scattate numerose fotografie dei materiali presenti nella piazza. Tali immagini saranno successivamente oggetto di rielaborazione con programmi di fotoritocco, al fine di produrre le textures del modello. Nella Figura 38 e nella Figura 39, alcune di queste immagini vengono riportate a bassa risoluzione, prive di elaborazioni e suddivise fra superfici orizzontali e verticali.





Figura 39: Alcuni dei materiali delle superfici verticali

Prof. Maurizio Rossi
Ing. Fulvio Musante
Dott. Andrea Siniscalco