UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE – FACOLTA' DI ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE TECNOLOGICHE PIERLUIGI SPADOLINI

# ILLUMINAZIONE DINAMICA: L'OCCASIONE PER RIDEFINIRE IL DIALOGO CON I CENTRI STORICI. L'ESEMPIO DI COZZILE COME TRAMITE TRA PASSATO E FUTURO

| | |
|---|---|
| **Relatore:**<br>**Prof. Arch. Alberto Mercanti** | **Correlatore:**<br>**Dott.ssa Laura Pepe** |

| | |
|---|---|
| **Tesi di Elena Bettini** | **Sessione straordinaria 2004-2005** |

*INTRODUZIONE* ..... **3**

**1 - INQUADRAMENTO STORICO - TERRITORIALE** ..... **4**

1.1- LA VALDINIEVOLE ..... 4

1.2- MASSA E COZZILE: UN COMUNE POLICENTRICO ..... 6

*Verruca* ..... *7*

*Massa* ..... *8*

*Cozzile* ..... *10*

**2- INDAGINE URBANISTICA** ..... **12**

2.1- ANALISI DEI PERCORSI ..... 12

2.2- ANALISI DELLE ARCHITETTURE ..... 21

*Porta Vecchia, Porta a Massa, porta Nuova* ..... *22*

*La Chiesa di S.Iacopo Maggiore* ..... *23*

*Il Castello De Gubernatis e la Torre campanaria.* ..... *26*

*Mura merlate e accesso alle proprietà del castello dalla via di circonvallazione.* ..... *28*

*Il pozzo* ..... *29*

**3- RILIEVO MATERIALI** ..... **32**

3.1- RILIEVO DEI PROSPETTI SU VIA MARTINI ..... 32

3.2- RILIEVO PAVIMENTAZIONI ..... 35

**4- PANORAMICA SULLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER ILLUMINAZIONE DI ESTERNI.** ..... **37**

4.1- EN 13201 ..... 37

4.2- LEGGE REGIONALE 21 MARZO 2000, N°37 ..... 38

4.3- LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE, L'ESECUZIONE E L'ADEGUAMENTO DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA, GIUNTA REGIONALE LUGLIO 2004 ..... 44

4.4- APPROFONDIMENTO SULL'INQUINAMENTO LUMINOSO ..... 47

*Definizioni* ..... *47*

*Cos'è l'inquinamento luminoso* ..... *48*

*Aspetti ambientali delle lampade* ..... *51*

*Per una legge nazionale* ..... *56*

*L'importanza di una progettazione indipendente* ..... *62*

*Conclusioni* ..... *65*

**5- RILIEVO ILLUMINAZIONE ATTUALE** ..... **68**

5.1- COLLOCAZIONE DEI PUNTI LUCE ..... 68

5.2- RILIEVO CON IL LUXMETRO ..... 74

5.3- RILIEVO CON IL SOFTWARE LITESTAR ..... 76

*Provinciale* ... *78*
*Via Martini* ... *80*
*Via di Circonvallazione* ... *84*

**6- PRINCIPI PROGETTUALI** ... **86**

6.1- RICERCA DEL RISPARMIO ENERGETICO, CONTENIMENTO DELL'INQUINAMENTO LUMINOSO E DELL'ABBAGLIAMENTO. ... 86
6.2- COMFORT VISIVO ... 87
6.3- DINAMICITÀ ... 88
*3ds MAX7* ... *96*
*Puntamento apparecchi* ... *97*
*Lighting Analisis: Pseudo Color* ... *101*
*Risultati Calcoli sulla provinciale* ... *105*

**7- ASPETTI TECNICI** ... **108**

7.1- POTENZA INSTALLATA ... 108
7.2- COSTO COMPONENTI ... 108
7.3- INDICAZIONI DI MASSIMA PER LA FASE ESECUTIVA ... 110
*Posizione del contatore e del quadro elettrico generale.* ... *110*
*Suddivisione delle linee di alimentazione dell'impianto.* ... *110*
*Perché il regolatore di flusso.* ... *111*
*Programma di manutenzione* ... *114*

**APPENDICE A** ... **116**

A.1- TABELLA RIFLESSIONI ... 117
*Tabella A.1.1* ... *117*
*Tabella A.1.2* ... *118*
*Tabella A.1.3* ... *119*
*Tabella A.1.4* ... *120*
*Tabella A.1.5* ... *121*
*Tabella A.1.6* ... *122*
*Tabella A.1.7* ... *123*

**APPENDICE B** ... **124**

B.1- POTENZA ASSORBITA DALLE LAMPADE ... 125
*Tabella B.1.1* ... *125*
*Tabella B.1.2* ... *126*
*Tabella B.1.3* ... *127*

**BIBLIOGRAFIA** ... **128**

# *INTRODUZIONE*

*"…..perchè senza luce gli occhi non possono vedere forma, colore, spazio o movimento. Ma la luce è qualcosa di più della causa fisica di ciò che vediamo: anche dal punto di vista psicologico resta per l'uomo una delle esperienze fondamentali e più potenti, un'apparizione che si comprende sia stata celebrata, adorata e implorata con cerimonie religiose. Per l'uomo come per tutti gli animali diurni, essa è la condizione indispensabile per il maggior numero di attività. Essa è la controparte visiva di quell'altra forza animatrice che è il colore e permette ai nostri occhi di penetrare il significato della vita che perennemente si rinnova attraverso le ore e le stagioni."*[1]

[1] Arnheim Rudolf, "Arte e percezione visiva", Feltrinelli, Milano 1992 pag.247.

# 1 - INQUADRAMENTO STORICO - TERRITORIALE

## *1.1- La Valdinievole*

**Fig.1.1.1** Cartina con la suddivisione in province della toscana

All'incirca a metà strada fra le città di Lucca e Pistoia si trova il Comune di Massa e Cozzile (Fig. 1.1.2) che, insieme a Buggiano, Pescia, Uzzano, Montecatini Terme, Pieve a Nievole, Monsummano Terme, Ponte Buggianese, Chiesina Uzzanese, Lamporecchio e Larciano fa parte di quel comprensorio detto Valdinievole (Fig. 1.1.3).

**Fig.1.1.2** Paesi facenti parte del comprensorio della Valdinievole

La Valdinievole è un bassopiano situato tra l'Arno inferiore e le falde dell'Appennino tosco emiliano. La valle è attraversata da una serie di corsi d'acqua, il più importante dei quali è appunto la Nievole.

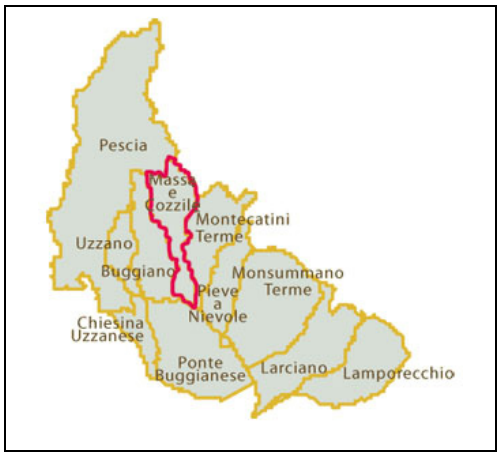



***Fig.1.1.3*** *Territori comunali della Valdinievole*

Anticamente veniva chiamata "Vallis Nebulaee" cioè valle della nebbia o delle nuvole, perché il territorio era prevalentemente paludoso.

Successivamente alla bonifica voluta da Pietro Leopoldo di Lorena, Principe Reale d'Ungheria e di Boemia, Arciduca di Austria e Granduca di Toscana, è diventata la bellissima vallata che

tutt'oggi possiamo ammirare, un territorio fertile e verdeggiante, ricco di gelsi, ulivi, alberi da frutto, castagni e viti, con antichi borghi medievali che la incoronano.

## *1.2- Massa e Cozzile: un comune policentrico*

In origine il comune era costituito da tre borghi: Verruca, Massa e Cozzile. Se guardiamo lo stemma ancora oggi troviamo i tre diversi simboli che raffiguravano ciascuna comunità: il giglio di Cozzile, la mazza ferrata per Massa e la croce per la Verruca (Fig. 1.2.1).

**Fig.1.2.1** Stemma del comune di Massa e Cozzile

Già alla fine del '200 Massa e Cozzile potevano essere definiti come comuni policentrici, una peculiarità per quel tempo, ovvero il comune veniva visto dal governo centrale come una entità unica, ma al suo interno era costituito da più individualità istituzionali, coincidenti con altrettanti luoghi abitati. Questo permetteva alle varie comunità di far valere la loro presenza e i loro interessi condizionando la struttura d'insieme.

Una particolarità vantaggiosa per il periodo storico, infatti il territorio di un comune rurale medievale era solitamente aggregato intorno ad un centro abitato, che era sede del governo spirituale e civile a cui gli abitanti facevano riferimento.

Sarebbe interessante poter rivedere il legame tra Massa e Cozzile riproponendo il medesimo concetto di illuminazione.

## Verruca

La Verruca ebbe origine molto probabilmente dalla fortezza bizantina che controllava da una postazione strategica verso la valdinievole, la linea di resistenza contro i Longobardi.

La storia del paese appare diversa da quella delle altre due località. Nel 1303 la rocca fu conquistata da Lucca con l'aiuto di Massa, così il territorio originariamente sottoposto a Pistoia fu inglobato al comune di Massa e Cozzile.

**Fig.1.2.2** Collocazione sul territorio dei paesi: Massa, Cozzile, Verruca

Perduta la funzione strategica dal 1340 con l'egemonia fiorentina su tutta la Valdinievole, situato non su percorsi obbligati e avendo una posizione piuttosto isolata, con il passare del tempo il paese di Verruca venne man mano abbandonato dai paesani, che preferirono spostarsi nei

comuni vicini di Massa e Cozzile, attratti dai vantaggi di una economia fiorente.

Così i materiali delle case, della chiesa e di tutte le costruzioni, vennero man mano riutilizzati per nuove costruzioni. Oggi rimangono a testimonianza della rocca solo pochi ruderi.

Infine si è potuto rilevare che anche dal punto di vista urbanistico la struttura della Verruca appariva diversa, l'abitato sorgeva alla sommità di una collinetta rotonda, le case erano disposte a spirale lungo i margini di essa e orientate in modo da avere la facciata verso valle e una parete addossata al rilievo.

## Massa

Il borgo di Massa è uno dei più antichi insediamenti della Valdinievole ed ebbe la sua origine in un'azienda agraria d'età tardo antica (III-IV sec.).

Il paese si è sviluppato a spina di pesce lungo l'asse viario che univa la pieve e la rocca (demolita nell'800), una strada importante che rappresentava un tratto della via che metteva in comunicazione il piano e la strada e il crinale appenninico (Fig. 1.2.3).

Dall'occupazione dei longobardi fino alla sottomissione a Firenze avvenuta nel 1339-40 Massa rimase sempre dipendente da Lucca, pur mantenendo una certa autonomia, tanto che nel 1208 si costituì in comune rurale con i propri consoli.

***Fig.1.2.3*** *Una veduta di via Roma, strada centrale, del paese di Massa*

*"Il cuore del castello di Massa era la piazza del Comune sulla quale si affacciava la loggia e il palazzo che era la sede degli organi amministrativi. Ivi ci si trovava per trattare prestiti, acquisti e vendite, pagare le tasse dovute alla comunità, concludere qualche affare o far comporre una controversia agli arbitri designati dalle parti. In tutto il paese comunque si indovinano logge, porticati, piazzette, e case in cui era conveniente incontrarsi e trattare i propri affari, segno della presenza di sedili e aree lastricate, come del resto è ancora possibile vedere tanto a Massa che a Cozzile. Si può anzi dire che l'interno di ciascuna abitazione non corrispondeva, come accade oggi, alla soglia di casa ma iniziava su quella della porta nella cinta muraria: era quella la soglia che segnava il passaggio fra il "dentro" amichevole e protetto e il "fuori" potenzialmente nemico e ostile , comunque non protetto".*[2]

[2] Onori M. Alberto, Beccaccini Giampaolo, Arancini Marco, "Massa e Cozzile Storia di una Comunità", Comune di Massa e Cozzile 1999, pag.35.

## Cozzile

Il paese di Cozzile nasce sicuramente successivamente a Massa anche se i due paesi sono sempre stati legati sia territorialmente che istituzionalmente.

Cinta fortificata che fu eretta nel XIII secolo a difesa di un nucleo di abitazioni cresciute di importanza e dimensioni, nate intorno ad una torre, sicuramente più antica, che fungeva da vedetta lungo l'asse viario che da Massa portava all'Appennino. Si accedeva al borgo attraverso 3 porte tutt'oggi esistenti.

***Fig.1.2.4*** *Una veduta dei paesi Massa (in basso) e Cozzile (in alto)*

*"Il punto di riferimento principale dell'abitato era naturalmente la torre, mai evolutasi evidentemente, in vera e propria rocca ma importante e poderosa. In essa era ospitato un torrigiano con il compito di*

*sovrintendere alle truppe di presidio della torre stessa (nel 1323 la carica era rivestita da un tale Gentile di Giuliano da Prato), ricompensato dalla comunità di Cozzile per tale servizio con la somma di 11 lire, 13 soldi e 4 denari ogni anno. La medesima comunità contribuiva con la quota di imposte che era tenuta a corrispondere al mantenimento di una squadra di 79 fanti, per la somma di £52.12.4 ogni 4 mesi, mentre altre porzioni della somma corrisposta annualmente a titolo di imposta venivano destinate al mantenimento della rocca di Monsummano, alla fortificazione del castello di Borgo a Buggiano e alla costruzione della fortezza detta Augusta, in Lucca, (si tratta, per quest'ultimo caso, della fortificazione urbana eretta in città da Castruccio Castracani durante il suo dominio). Le somme così impegnate non erano enormi in senso assoluto ma significative, tali da far pensare a Cozzile come ad una comunità relativamente prospera, al punto da riuscire a sostenere senza particolari problemi (almeno in apparenza) un carico fiscale proporzionalmente piuttosto elevato."*[3]

Purtroppo i documenti a disposizione non consentono di ricostruire l'aspetto originario dell'abitato e delle sue stratificazioni.

[3] Onori M. Alberto, Beccaccini Giampaolo, Arancini Marco, "Massa e Cozzile Storia di una Comunità", Comune di Massa e Cozzile 1999, pag. 35-36.

# 2- INDAGINE URBANISTICA

## *2.1- Analisi dei percorsi*

***Fig.2.1.1*** *Planimetria con evidenziati i percorsi in esame*

| PERCORSI | |
|---|---|
| Strada provinciale: Massa, Cozzile, Macchino | Carrabile |
| Strada di circonvallazione comunale | Carrabile/Pedonale |
| Via Martini, strada centrale comunale | Pedonale |
| Antica via Romanica, strada comunale | Area occupata da parcheggi |
| Via della Fontana, strada comunale | |

***Fig.2.1.2*** *Legenda dell'analisi dei percorsi*

Se pensiamo all'illuminazione di una rappresentazione teatrale è ben visibile la dinamicità della scena. Nel momento in cui ci si avvicina alla progettazione di illuminazione in esterni bisogna considerare nella visione di una città o di un paese che sia, una dinamicità diversa, ovvero

quella dell'osservatore. E' quest'ultimo che sceglie le prospettive da cui vedere e le sensazioni che ne possono scaturire e sono queste che vanno analizzate per poter realizzare un buon impianto di illuminazione.

Nella planimetria del paese sono stati evidenziati tutti i tratti di strada presi in esame, ovvero tutti i percorsi del paese e la strada Provinciale Massa Cozzile Macchino (Fig. 2.1.1).

Di seguito è stata fatta una classificazione in base al tipo di percorrenza se carrabile, pedonale o misto carrabile-pedonale e sono state individuate le aree occupate dai parcheggi (Fig. 2.1.2).

Si può decidere di raggiungere il paese di Cozzile in macchina percorrendo la Provinciale Massa, Cozzile, Macchino, strada carrabile che fascia il paese ad ovest, caratterizzata da una carreggiata piuttosto stretta con numerose curve e qualche tornante, che rendono il tragitto piuttosto impegnativo (Fig. 2.1.3-5).

Altro modo per arrivare a Cozzile è costituito dall'antica strada romanica, che si imbocca alla fine dell'asse viario centrale di Massa, e sale su per la collina. Un percorso pedonale citato anche tra gli itinerari consigliati nella "Cartina escursionistica e turistica" del Comune di Massa e Cozzile per la bellezza degli squarci panoramici che offre (Fig. 2.1.3, 8).

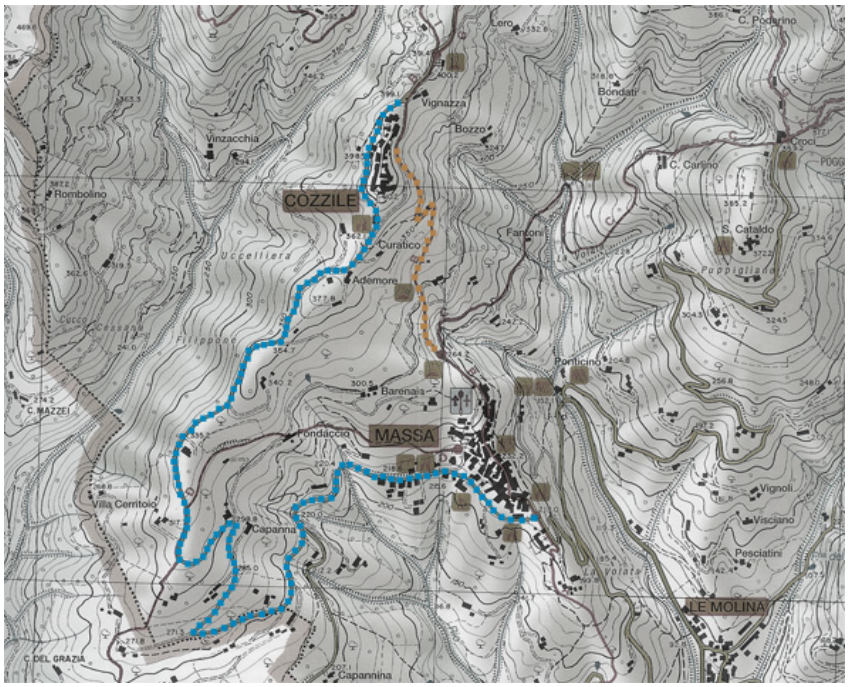



***Fig.2.1.3*** *Cartina con evidenziata in blu la strada Provinciale e in marrone l'antica strada romanica*

***Fig.2.1.4*** *Arrivando a Cozzile, punto di innesto tra via della Fontana e la strada Provinciale(a destra)*

***Fig 2.1.5*** *Veduta del castello De Gubernatis nel punto di unione tra la strada provinciale (a sinistra) e quella di circonvallazione (a destra)*

Via della Fontana strada sia pedonale che carrabile porta all'interno del paese, è il collegamento tra la provinciale e la strada centrale: via Martini (Fig. 2.1.4, 6, 7).

***Fig. 2.1.6*** *Veduta di via Fontana, entrando in paese (a sinistra), uscendo dal paese (a destra* ***Fig.2.1.7****), si può notare l'area interessata da parcheggi*

***Fig.2.1.8*** *Veduta arrivando a Cozzile salendo l'antica strada romanica: accesso dalla via di circonvallazione alle proprietà del castello*

Via della circonvallazione strada carrabile e pedonale fascia invece il paese ad est (Fig. 2.1.9-12).

***Fig.2.1.9*** *Veduta della via di circonvallazione, uno dei tratti interessati da parcheggio.*

***Fig.2.1.10*** *Parte iniziale via di circonvallazione, lato via della Fontana, tratto interessato da parcheggio.*

***Fig.2.1.11*** *Veduta via di circonvallazione*

***Fig.2.1.12*** *Veduta via di circonvallazione.*

Come si può notare dalla planimetria, il paese si presenta a forma di fuso, che si sviluppa lungo un asse viario principale via Martini sul quale si affacciano perpendicolarmente le abitazioni (Fig. 2.1.13, 14, 16). Percorrendo via Martini è forte la sensazione di trovarsi in un interno, il passaggio dall'esterno immerso nella natura al dentro del paese stretto tra le abitazioni è netto.

Osservando le immagini, lascia abbastanza perplessi il fatto che la via di circonvallazione ma ancor di più via Martini che appare così serrata dagli edifici, siano lasciate percorribili dalle auto e ci si preoccupi di riservare delle zone per il parcheggio. (Fig. 2.1.9, 10,15).

Passeggiando per il paese la presenze delle vetture è percepita come un elemento dissonante con il contesto, che interrompe l'atmosfera data dalla visione dell'insieme.

***Fig.2.1.13*** *Veduta del paese verso Nord da via Martini.*

***Fig.2.1.14*** *Veduta del paese verso Sud da via Martini.*

All'interno di Cozzile sono presenti anche una serie di percorsi pedonali che accompagnano alle porte del paese, interessanti da percorrere per le viste che si possono scoprire del paesaggio circostante ma anche delle architetture del paese stesso (Fig. 2.1.17-24).

***Fig.2.1.15*** *Veduta su via Martini, sulla destra area occupata da parcheggio*.

**Fig.2.1.16** Vista di via Martini e di alcuni edifici che vi si affacciano.

## *Viste del Percorso che accompagna a porta a Massa.*

***Fig.2.1.17*** *Veduta su via di Circonvallazione uscendo da Porta a Massa*

***Fig.2.1.18*** *Veduta da via di Circonvallazione verso Porta a Massa.*

## *Viste del percorso che accompagna a porta Vecchia.*

***Fig.2.1.19*** *Veduta uscendo da Porta Vecchia*

***Fig.2.1.20****. Veduta da Porta Vecchia su via della Fontana*

## *Viste dal percorso che accompagna al castello e a porta Nuova*

***Fig.2.1.21*** *Veduta del percorso dalla strada Provinciale*

***Fig.2.1.22*** *Vista prospettica del Castello De Gubernatis e della torre campanaria*

***Fig.2.1.23*** *Scorcio sulle proprietà del castello*

***Fig.2.1.24*** *Veduta del paese di Massa*

# 2.2- Analisi delle Architetture

***Fig.2.2.1*** *Planimetria con evidenziate le architetture considerate di interesse*

| ELEMENTI ARCHITETTONICI DI INTERESSE | | | |
|---|---|---|---|
| | Accesso proprietà Castello dalla via di circon. | | Porta Nuova (a Mezzogiorno) sec. XII |
| | Cinta muraria merlata del Castello | | Porta a Massa (a Levante) sec. XII |
| | Castello De Gubernatis, sec.XX | | Porta Vecchia (a Ponente) sec. XII |
| | Campanile sec. XII, restaurato sec. XIX | | Pozzo |
| | Chiesa di S.Iacopo Maggiore sec.XIV, restaurata sec. XVI | | |

***Fig.2.2.2*** *Legenda dell'analisi sugli elementi architettonici di interesse*

Durante la fase dell'analisi sono state individuate nel paese le architetture importanti per la loro valenza storica, ma anche quelle considerate interessanti perché caratteristiche del luogo (Fig. 2.2.1, 2).

La forma attuale del paese scaturisce da tutta una serie di cambiamenti e stratificazioni che sono avvenute nel tempo. Come già accennato non vi sono fonti storiche sufficienti per poter risalire all'impianto

originario o quantomeno per ricostruirne la storia come è accaduto invece per Massa.

## Porta Vecchia, Porta a Massa, porta Nuova

Sicuramente originarie del XII secolo sono le tre porte presenti nel paese: Porta Vecchia, Porta a Massa, Porta Nuova, da quest'ultima si domina tutta la vallata, affacciandosi di giorno il panorama è mozzafiato, in giornate limpide lo sguardo può arrivare a vedere l'Isola d'Elba.

Elementi fortemente caratterizzanti, assumono il ruolo di soglia, indicano il momento del passaggio dall'interno (conosciuto) all'esterno (sconosciuto), rappresentano il limite varcato il quale si passa da un luogo difeso, chiuso, intimo a un luogo all'aperto, pauroso e ostile.

| **PORTA VECCHIA** | |
|---|---|
| | |
| ***Fig.2.2.3*** *Veduta di Porta Vecchia da via della Fontana.* | ***Fig.2.2.4*** *Veduta dall'interno del paese di Porta Vecchia.* |

**PORTA A MASSA**

.

***Fig.2.2.5*** *Veduta di Porta a Massa dalla via di circonvallazione*

***Fig.2.2.6*** *Percorso per Porta a Massa da Via Martini*

**PORTA NUOVA**

***Fig.2.2.7*** *Veduta del castello De Gubernatis, accanto alla torre: Porta Nuova*

***Fig.2.2.8*** *Veduta di Porta Nuova da via Martini alla sinistra l'entrata della Chiesa e la Torre*

## La Chiesa di S.Iacopo Maggiore

La chiesa è collocata nei pressi di Porta Nuova, dedicata a S.Iacopo Maggiore.

**Fig.2.2.9** Entrata della chiesa su via Martini, sullo sfondo Porta Nuova e la Torre.

Secondo i documenti rinvenuti è testimoniata l'esistenza della chiesa dal 1320, quando venne costruita subito al di fuori delle mura che poi furono ampliate per contenerla.

Edificio originariamente di impianto medievale a due navate, successivamente ad un restauro datato intorno al 1526 una navata è stata trasformata.

Oggi l'edificio si trova in restauro.

*"Il culto di San Iacopo apostolo, nel Medioevo, portava ogni anno migliaia e migliaia di pellegrini da tutta Europa fino su quella lingua di terra che rappresentava per l'immaginario collettivo di quell'epoca la fine delle terre conosciute. Tale culto era, nella Valdinievole del trecento, particolarmente vivo per la presenza dell'opera di San Iacopo a Pistoia, un'importante confraternita religiosa che aveva per scopo l'organizzazione, l'assistenza e la tutela dei pellegrini e dei loro pellegrinaggi e non a caso in quest'area numerose chiese importanti erano dedicate a questo santo. Una di queste era la chiesa di Cozzile cui faceva riferimento l'opera laicale che in essa aveva sede e che in suo*

*nome accettava e amministrava donazioni e lasciti spesso assai importanti."*[4]

***Fig.2.2.10*** *Lunetta collocata al di sopra della porta d'ingresso della chiesa.*

Interessante è la lunetta in pietra serena scolpita al di sopra della porta d'ingresso (Fig. 2.2.10).

*"Scolpita lungo i bordi esterni con un decoro ad ovuli e foglie; al centro si susseguono, uno accanto all'altro cinque simboli: una croce, una mazza, una stella, il giglio di Firenze e il simbolo di S. Bernardino; al di sopra della lunetta, nel punto centrale, una figura sostiene un cartiglio con la data 1526. Sull'architrave sono incise le seguenti parole: " AL TEMPO DI P.TE. GIOVANNI. MOREL. MASE".*

*La lunetta sembra stilisticamente collocabile al XV secolo, soprattutto analizzando il rilievo con i cinque simboli centrali- i primi tre dei quali compongono lo stemma di Massa e Cozzile- e la figura che sostiene il cartiglio; tuttavia la decorazione ad ovuli appare di gusto più*

[4] Onori M. Alberto, Beccaccini Giampaolo, Arancini Marco, Comune di Massa e Cozzile 1999, pag. 47.

*rinascimentale, come appunto confermerebbe la data 1526, che comunque potrebbe essere riferita ad un probabile intervento di restauro della chiesa."*[5]

## Il Castello De Gubernatis e la Torre campanaria.

Guardando l'imponente castello con il possente campanile dalla mole guerresca attaccato al perimetro delle mura, sembra di tornare indietro al tempo del Medio Evo, forte è il richiamo all'antica torre di vedetta *(Fig. 2.2.7)*, quando "*la rocca di Cozzile fu agognata dai Pistoiesi che provarono di occuparla nel 1250 e furono respinti dai Montecatinesi, accorsi per difenderla insieme ai Pesciatini: Firenze che si disputava con Lucca il dominio sopra la Val di Nievole, mandava dei castellani a custodia della torre di Cozzile"* [6].

In realtà, a differenza della Torre campanaria che è datata XII secolo, il castello è una costruzione piuttosto recente realizzata dell'architetto Giovanni Paciarelli per commissione del conte piemontese Angelo de Gubernatis nell'ultimo quarto del XIX secolo, il quale "*conquistato dalla magnifica posizione di questo colle, commissionò come avrebbe fatto un granduca mediceo al proprio architetto di fiducia, un palazzo di "bella e corretta architettura""*.[7]

Realizzato sopra una preesistente costruzione soprannominata "Villa Dante" dall'allora proprietario Gian Battista Giuliani, perché si diceva che

[5] Casazza Ornella, "I beni artistici nel comune di Massa e Cozzile", Comune di Massa e Cozzile 2002, pag.67.
[6] Pia Società San Paolo (a cura), "Piccola guida storica di Massa e Cozzile", Pia Società San Paolo, Roma, 1998 pag.32.
[7] Casazza Ornella, "I beni artistici nel Comune di Massa e Cozzile", Comune di Massa e Cozzile 2002, pag.17.

Dante Alighieri durante il viaggio verso Lucca si fosse fermato a Cozzile, il castello presenta appunto forti richiami all'architettura medievale, realizzato in pietra, fornito di piombatoi e merlature.

Osservando il paese da diverse posizioni, si può notare come gli elementi che risaltano siano proprio il Castello e la torre, che diventano simboli di identificazione per il paese e punti di riferimento spaziali nel territorio circostante.

**ALCUNE VEDUTE DEL PAESE DAL TERRITORIO CIRCOSTANTE**

***Fig.2.2.11*** *Vista da margine Coperta*

***Fig.2.2.12*** *Vista salendo dalla parte di Pescia*

***Fig.2.2.13*** *Vista da Massa*

***Fig. 2.2.14*** *Vista da Colle a Buggiano*

***Fig.2.2.15*** *Vista da Margine Coperta*

***Fig.2.2.16*** *Veduta ultimo tratto Massa Cozzile*.

## Mura merlate e accesso alle proprietà del castello dalla via di circonvallazione.

***Fig.2.2.17*** *Veduta della Porta con parte delle mura merlate salendo dall'antica strada romanica*

Entrambi elementi molo suggestivi, come il castello e la torre rievocano fortemente il periodo medievale.

Li possiamo scoprire lentamente passeggiando lungo la via di circonvallazione (Fig. 2.2.18); appaiono d'improvviso salendo per l'antica strada romanica (Fig. 2.2.17).

***Fig.2.2.18*** *Veduta percorrendo la via di circonvallazione*

Parlando con uno dei proprietari del castello è emersa l'intenzione dopo un futuro restauro del castello e del giardino circostante di rendere la proprietà aperta al pubblico, e di riportare la poderosa entrata alla sua passata funzione.

## Il pozzo

Caratteristica del paese è appunto la sua forma e questo svilupparsi delle abitazioni lungo la via principale lastricata in pietra serena sulla quale

si aprono degli slarghi; tutto è così piccolo e ristretto che quasi gli spazi pubblici non si distinguono da quelli privati.

***Fig.2.2.19*** *Veduta del pozzo sullo slargo di via Martini*

**Fig.2.2.20** Vista sulla slargo del pozzo durante la festa "la luna sul pozzo".

In uno di questi slarghi è presente il pozzo, altro elemento caratteristico che ci porta a fare un passo indietro nel tempo .

Non mancano nella stagione estiva occasioni per trascorrere serate a passeggio o assistendo a spettacoli nel paese, in particolare la foto di sinistra si riferisce a Luglio 2005 durante la festa la "luna sul pozzo", gli slarghi su via Martini diventano punti preferiti per l'aggregazione di persone.

Con il passare del tempo la notte non è più vista solamente come tempo da dedicare al riposo, è diventata un momento quasi privilegiato della giornata, in cui ci si diverte, in cui è possibile dimenticare le preoccupazioni e il lavoro.

Bisognerebbe tener più conto di questo aspetto che fa parte della società nel considerare la fruibilità della città in generale e degli spazi

pubblici, restituendo la città alla vivibilità, per fare in modo che i cittadini si possano riappropriare dei propri spazi.

Un buon sistema di illuminazione diventerebbe un faro di attrazione per l'area urbana quale centro di aggregazione.

Un maggiore senso di confort e sicurezza si avrebbe da un sistema di illuminazione che non tenesse conto solo delle strutture architettoniche ma anche delle persone che le attraversano. Una illuminazione che crea una morbida luce d'ambiente, può essere invitante come una stanza con il caminetto acceso.

Un progetto illuminotecnico ben fatto produrrebbe notevoli benefici in termini di migliore gestione dell'economia notturna, senso di sicurezza e immagine positiva della città che ci guadagnerebbe quanto a personalità e carattere.

# 3- RILIEVO MATERIALI

## *3.1- Rilievo dei prospetti su via Martini*

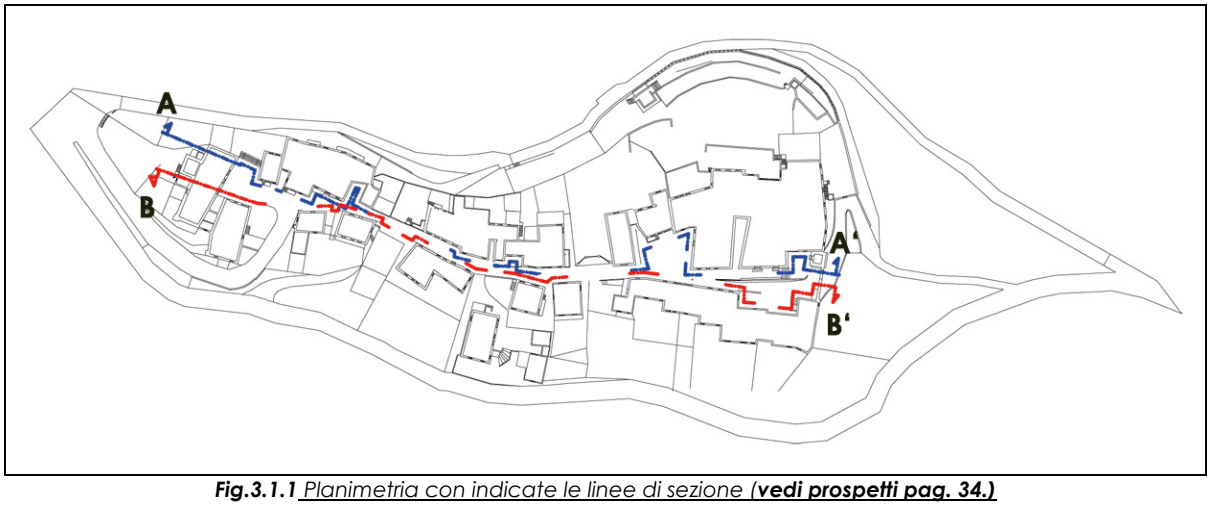



***Fig.3.1.1*** *Planimetria con indicate le linee di sezione* ***(vedi prospetti pag. 34.)***

***Fig.3.1.2*** *Legenda dell'analisi dei prospetti* ***(vedi prospetti pag. 34.)***

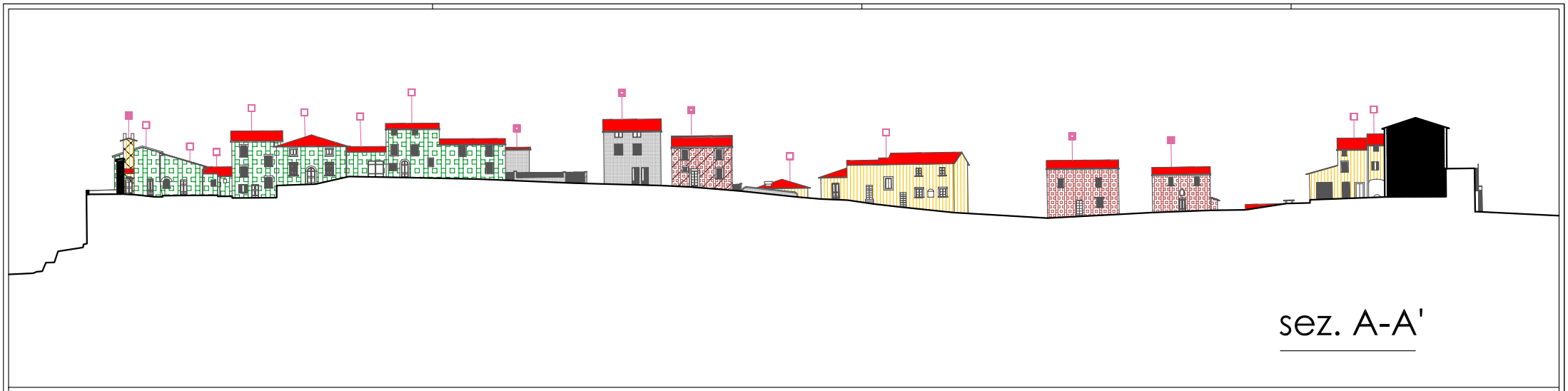
Sono stati individuati 6 materiali presenti sulla scena: tegole, muratura mista in pietrame (arenaria), muratura mista in pietrame (arenaria) con residui di intonaco, muratura in laterizio, intonaco tinteggiato chiaro, intonaco grezzo grigio (Fig. 3.1.3-8).

Ogni facciata è stata poi valutata in base allo stato di conservazione se considerato buono, mediocre o cattivo e in base allo stato della superficie se considerata poco sporca, sporca o molto sporca (Fig. 3.1.2).

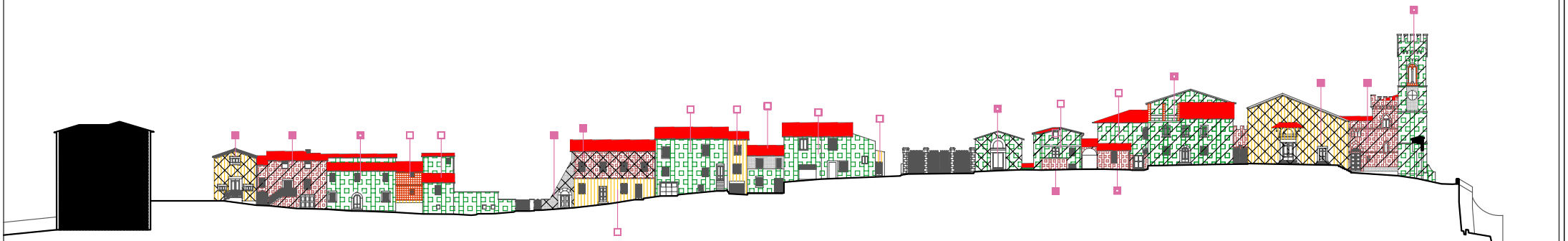
RIFERIMENTO IMMAGINI MATERIALI PROSPETTI

<table>
<tr>
<td> <br>Fig. 3.1.3 Muratura mista con residui di intonaco.</td>
<td> <br>Fig. 3.1.4 Intonaco tinteggiato chiaro.</td>
<td> <br>Fig. 3.1.5 Tegole.</td>
</tr>
<tr>
<td> <br>Fig. 3.1.6 Muratura mista.</td>
<td> <br>Fig. 3.1.7 Intonaco grezzo grigio</td>
<td> <br>Fig. 3.1.8 Muratura in laterizio.</td>
</tr>
</table>

Le condizioni del paese si sono continuate ad evolvere, si sono susseguiti e sono tutt'ora in atto una serie di interventi di manutenzione e di restauro che hanno interessato i prospetti. Quella che vediamo rappresenta l'ultima "fotografia" scattata all'ultima visita del paese.



sez. A-A'



sez. B-B'

## 3.2- Rilievo pavimentazioni

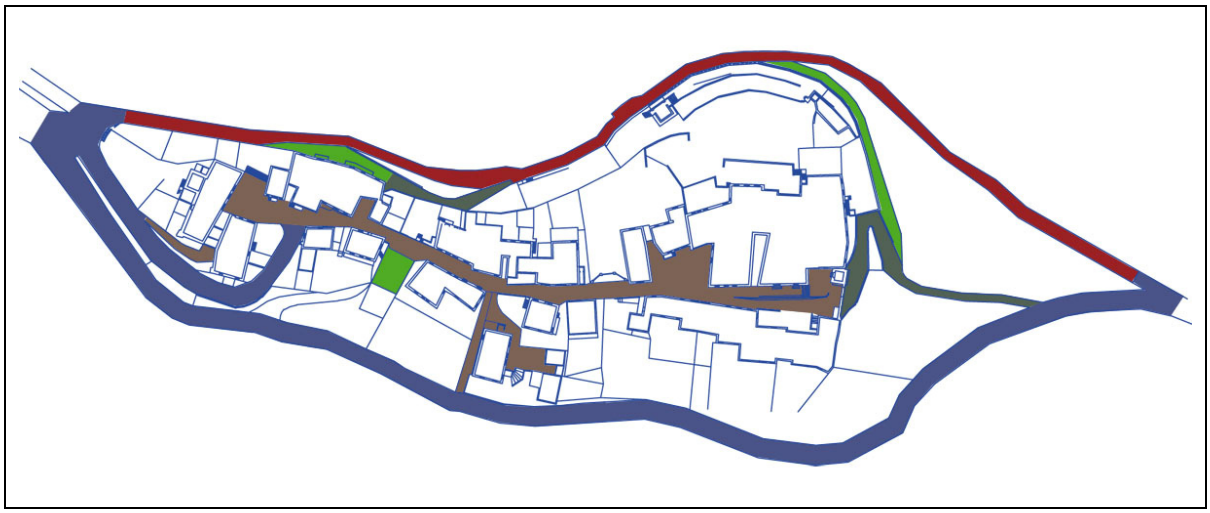


***Fig.3.2.1*** *Planimetria con indicate le diverse pavimentazioni*

***Fig.3.2.2*** *Legenda del rilievo delle pavimentazioni*

La luminosità di un ambiente dipende dai suoi colori e dalle sue superfici. La luce infatti viene riflessa dalle superfici ed insieme a quella emessa dalle sorgenti luminose interagisce nel produrre lo spettro che poi viene percepito dall'occhio.

Così i colori e le superfici vanno ad influenzare in modo determinante l'illuminazione dello spazio intorno. Ecco che per progettare una buona illuminazione si devono considerare i colori e tutte le caratteristiche dell'ambiente.

Attraverso l'analisi sui materiali dei prospetti e delle pavimentazioni, facendo una media tra i dati ricavati dalle tabelle a disposizione[8] sulle riflessioni dei materiali e dei colori e sui fattori moltiplicativi di correzione, è stato ricavato il valore di riflessione di ogni superficie presente sulla scena (Tab. 3.2.1).

***Tabella 3.2.1*** *Riferimento generale per i valori di riflessione dei materiali e per i fattori moltiplicativi di correzione.*

| **TIPO DI SUPERFICIE** | **FATTORE DI RIFLESSIONE** |
|---|---|
| MURATURA MISTA IN PIETRA (ARENARIA) E LATERIZIO | 39% |
| MURATURA MISTA IN PIETRA (ARENARIA) E LATERIZIO CON RESIDUI DI INTONACO | 41% |
| MURATURA IN LATERIZIO | 25% |
| INTONACO TINTEGGIATO CHIARO | 50-60% |
| INTONACO GREZZO GRIGIO | 39% |

| **STATO DELLA SUPERFICIE** | **FATTORE MOLTIPLICATIVO DI CORREZIONE** |
|---|---|
| SPORCA | 3,5% |
| MOLTO SPORCA | 7% |

| **CASI PARTICOLARI** | **FATTORE DI RIFLESSIONE** |
|---|---|
| CASTELLO | 41% |
| CHIESA | 46% |
| MANTO ERBOSO | 6% |
| PAVIMENTAZIONE ASFALTO | 7% |
| PAVIMENTAZIONE COTTO | 25% |
| PAVIMENTAZIONE MISTA PIETRAME MANTO ERBOSO | 19% |
| PAVIMENTAZIONE PIETRA SERENA | 25% |
| VEGETAZIONE | 25% |

[8] Appendice A.

# 4- PANORAMICA SULLA NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER ILLUMINAZIONE DI ESTERNI.

Il passo successivo è stato quello di recuperare tutta la normativa vigente in materia di illuminazione per esterni. Passo inevitabile per poter avere un approccio critico all'analisi successiva sull'illuminazione attuale. Nozioni che poi hanno costituito le fondamenta per la progettazione.

## *4.1- EN 13201*

Documento tecnico comune nei paesi membri dell'Unione Europea, utile per intervenire nella progettazione dell'illuminazione dei sistemi viari e infrastrutturali. Nel momento in cui verrà percepita ufficialmente andrà a sostituire l'attuale UNI 10439.

E' una normativa molto complessa, che introduce nuovi requisiti illuminotecnici, comprende accanto all'illuminazione per strade a traffico veicolare anche le strade a traffico ciclopedonale con propri parametri qualitativi normalizzati.

A differenza della UNI 10439 che si rifaceva direttamente alle classificazioni del codice della strada, con la EN 13201 viene chiamato in prima persona il progettista a conoscere approfonditamente il tratto di strada che si appresta a progettare e soltanto dopo aver risposto ad una sequenza di domande sulle caratteristiche ambientali e funzionali della

strada oggetto di verifica, si arriva ad identificarne la categoria di appartenenza (Tab. 5.3.3, 6, 7).

E' una norma in cui finalmente vengono presi in considerazione non soltanto i parametri quantitativi dell'illuminazione ma anche quelli qualitativi, oltre al parametro della luminanza vengono introdotti i concetti di illuminazione al contorno, di guida visiva e resa cromatica.

Nelle analisi illuminotecniche per le strade a traffico ciclopedonale vengono presi a riferimento i valori di illuminamento sia orizzontale che verticale, che semicilindrico.

## *4.2- Legge Regionale 21 Marzo 2000, n°37*

Dall'analisi è emerso che la regione Toscana insieme a molte altre regioni italiane è priva di una legge specifica sull'illuminazione dei monumenti, considerando che l'Italia è una nazione ricca di patrimoni architettonici e certamente la regione Toscana è tra quelle con la percentuale più alta, ci possiamo rendere conto che in tal senso c'è ancora molto da fare.

Certo è che la regione Toscana è stata tra le prime a fornirsi di una normativa inerente all'inquinamento luminoso.

La legge n°37 prevede la predisposizione di idonei strumenti e procedure per la pianificazione e regolazione, atti a perseguire gli obiettivi di prevenzione e riduzione dell'inquinamento luminoso e del risparmio energetico.

Tra quelli più importanti vi è il Piano Regionale per la Prevenzione dell'Inquinamento luminoso, il P.R.P.I.L il quale dovrà contenere la normativa tecnica per la progettazione, l'esecuzione e la gestione degli impianti di illuminazione esterna; dovrà fornire i criteri definitivi per individuare le zone di particolare protezione da applicare nelle zone di rispetto degli osservatori e delle stazioni astronomiche e delle aree protette ai sensi della Legge n°394/1991.

Con il Piano Regionale di Prevenzione dell'Inquinamento Luminoso si promuoveranno azioni al fine di:

a) ridurre i consumi energetici, innalzare i livelli di razionalizzazione di efficienza energetica degli impianti di illuminazione esterna, pubblici e privati;
b) ridurre l'inquinamento luminoso sul territorio regionale salvaguardando gli equilibri ecologici sia all'interno che all'esterno dei parchi e delle aree naturali protette.
c) proteggere le stazioni astronomiche, in quanto patrimonio regionale, per tutelarne le attività di ricerca scientifica e divulgativa.
d) valorizzare, fatti salvi il diritto all'energia ed all'illuminazione, le "zone buie", cioè delle aree del territorio regionale che mostrano attualmente bassi livelli di inquinamento luminoso, esaltandone il valore culturale, ambientale ed economico in rapporto anche al turismo di qualità.

L'approvazione del Piano Regionale comporterà dove sono previsti prescrizioni e vincoli la variazione degli strumenti urbanistici, generali e attuativi in corrispondenza alle prescrizioni e vincoli applicati.

Altro strumento previsto dalla Legge è il Piano Comunale della Illuminazione Pubblica, che ha il ruolo di programmare, realizzare e gestire gli impianti pubblici di illuminazione esterna, nel rispetto delle norme che sono state stabilite nel P.R.P.I.L..

I Comuni dovranno approvare il piano dell'illuminazione pubblica avendo come obiettivi:

a) sicurezza del traffico veicolare e delle persone,

b) riduzione dell'inquinamento luminoso,

c) risparmio energetico,

d) miglioramento della qualità della vita e delle condizioni di fruizione dei centri urbani e dei beni ambientali, monumentali ed architettonici,

e) ottimizzazione dei costi di esercizio e manutenzione.

Ma dovranno anche integrare i regolamenti edilizi e l'esercizio degli impianti di illuminazione esterna, secondo le norme contenute nel P.R.P.I.L. Sono previsti dei contributi per incentivare i Comuni all'elaborazione ed adozione dei piani comunali di illuminazione pubblica e per far adeguare gli impianti di illuminazione pubblica esterna già in uso alle norme antinquinamento.

La legge in attesa dell'entrata in vigore della Legge stessa e del piano regionale e Comunale fornisce una serie di dati minimi da seguire (che vengono ripresi e approfonditi nelle linee guida per la progettazione,

esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna della Giunta Regianale(Cap.4.3)):.

1. *"Impegnare preferibilmente sorgenti luminose a vapori di sodio ad alta pressione.*
2. *Per le strade con traffico motorizzato, selezionare ogni qualvolta sia possibile i livelli minimi di luminanza ed illuminamento consentito dalle normative UNI 10439.*
3. *Evitare per i nuovi impianti l'adozione di sistemi di illuminazione a diffusione libera o diffondenti o che comunque emettano un flusso luminoso disperso nell'emisfero superiore* (R) *eccedente il tre per cento (3%) del flusso totale emesso dalla sorgente.*
4. *Limitare l'uso dei proiettori ai casi di reale necessità, in ogni caso mantenendo l'orientazione del fascio verso il basso, non oltre i sessanta gradi dalla verticale.*
5. *Adottare sistemi di controllo e riduzione del flusso luminoso, fino al cinquanta per cento (50%) del totale, dopo le ore 22 e adottare lo spegnimento programmato totale degli impianti ogni qualvolta ciò sia possibile, tenuto conto delle esigenze di sicurezza".*[9]

In attesa che il P.R.P.I.L definisca i criteri definitivi per la individuazione delle zone di protezione da applicare attorno alle stazioni astronomiche, con delibera Giunta regionale 2 Aprile 2001, n°339, la Regione Toscana ha approvato la cartografia relativa alla perimetrazione delle zone di

[9] L.R. 21 Marzo 2000, n°37. Allegato C (Articolo 11, comma 1).

prestazione attorno alle suddette strutture osservative, ai sensi della Legge Regionale n°37/2000 (Fig. 4.2.1).

Vengono forniti gli elenchi riguardo gli osservatori astronomici professionali e gli osservatori astronomici non professionali e stazioni di osservazione e viene stabilito che entro un chilometro in linea d'aria dagli osservatori professionali e dagli osservatori non professionali che svolgono attività di ricerca all'interno di progetti istituiti e coordinati da osservatori e centri professionali, sono vietate tutte le sorgenti di luce, che producono qualunque emissione verso l'alto; le sorgenti esistenti non rispondenti a tale requisito devono essere sostituite o comunque opportunamente schermate.

Nelle zone protette ai soggetti privati è vietato l'impiego di fasci di luce di qualsiasi tipo e modalità, fissi e rotanti diretti verso il cielo o verso superfici che possono rifletterli verso il cielo nella fascia compresa tra il raggio di 25 chilometri e il raggio di 50 chilometri dagli osservatori professionali e non professionali che svolgono attività di ricerca all'interno di progetti istituiti e coordinati da osservatori e enti professionali, detti fasci dovranno essere orientati ad almeno 90 gradi dalla direzione in cui si trovano i telescopi.

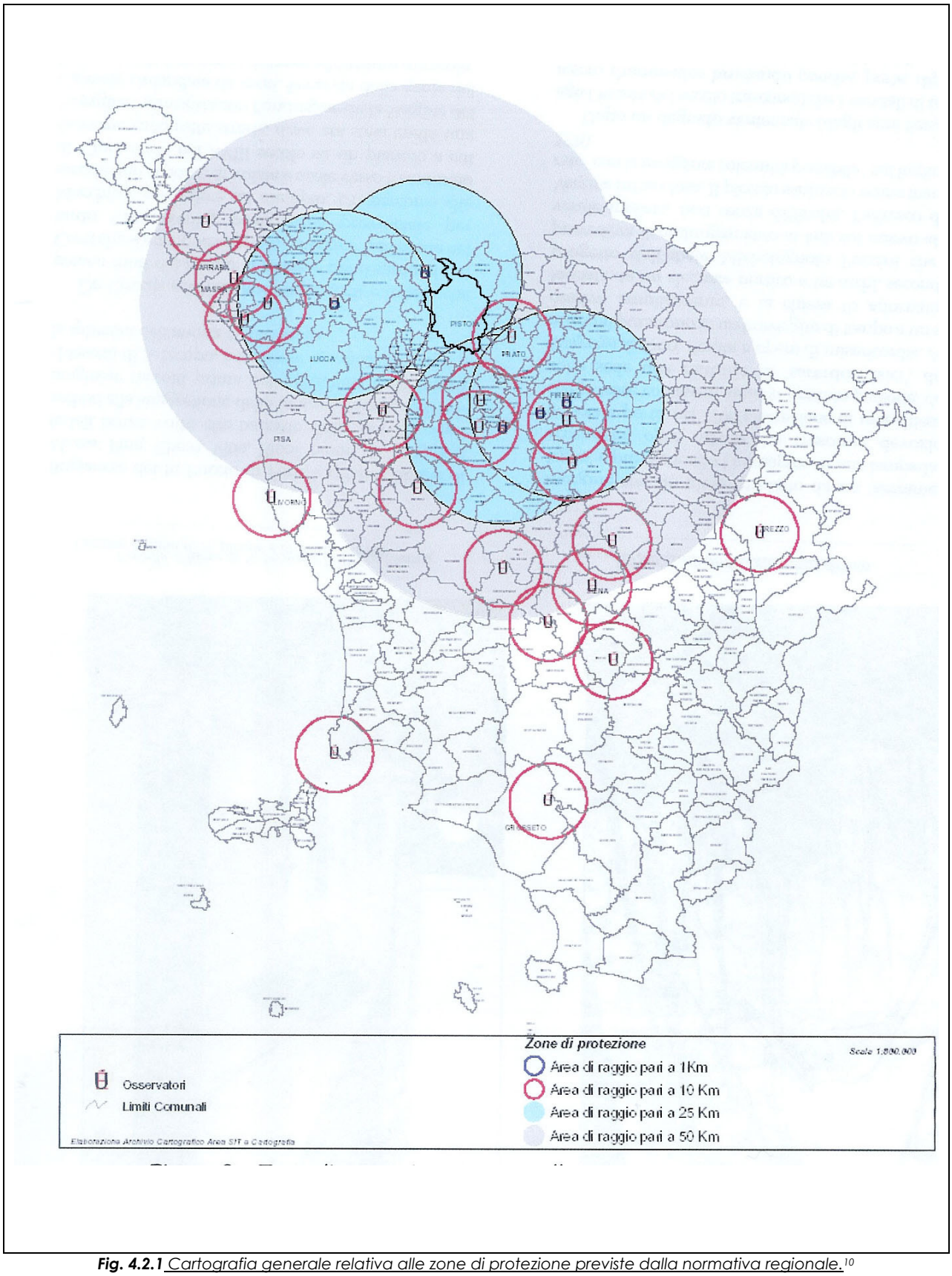



***Fig. 4.2.1*** *Cartografia generale relativa alle zone di protezione previste dalla normativa regionale.*[10]

[10] Regione Toscana (a cura), "Linee guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna", Regione Toscana-Giunta Regionale, pag.11

## *4.3- Linee guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna, Giunta Regionale Luglio 2004*

Vengono indicate anche nella L.R. del 24 Febbraio 2005 n°39 (Disposizioni in materia di energia) come riferimento nella realizzazione di impianti laddove tecnicamente sia possibile.

Sono state realizzate dalla Regione Toscana con l'intento di promuovere il contenuto della L.R. 21 Marzo 2000 n°37, per sensibilizzare gli operatori nel settore sul problema energetico e sul fenomeno crescente dell'inquinamento luminoso e per spiegare come sia possibile creare un'illuminazione di esterni razionale che contenga il consumo energetico, quindi l'inquinamento ambientale, limitando il fenomeno dell'inquinamento luminoso.

Si spiega l'importanza dell'utilizzo negli impianti di lampade ad avanzata tecnologia ed elevata efficienza come al sodio ad alta pressione o comunque lampade che risultino funzionali in termini di massima efficienza e minore potenza installata, consigliando come fattore indicativo per la scelta di una lampada la sua "efficienza luminosa", cioè il rapporto tra il flusso luminoso emesso (in lumen lm) e la potenza elettrica assorbita (in Watt W).

Si spiega anche l'importanza del conoscere e saper leggere una curva fotometrica di un apparecchio. Essa rappresenta graficamente come una sorgente luminosa emette luce nello spazio, in che direzione e

con quale intensità. Saperla interpretare permette di prevedere l'impatto di un apparecchio sull'ambiente circostante. Al giorno d'oggi è ha disposizione una vastissima gamma che ci consente di scegliere un particolare tipo di lampada e apparecchio con un'ottica interna che distribuisca opportunamente il flusso luminoso emesso così da condizionare la geometria dell'installazione degli apparecchi e la loro interdistanza.

Vengono dati i criteri tecnici comuni per tutti gli impianti di illuminazione esterna pubblica e privata.

A tal fine vengono considerati antinquinamento luminoso con basso fattore di abbagliamento e a ridotto consumo energetico solo gli impianti che presentano le caratteristiche di emissione con rapporto lumen/Watt non inferiore a 90.

Al fine di ridurre il consumo energetico si dispone che gli impianti debbano essere equipaggiati con dispositivi in grado di ridurre la quantità di luce emessa in misura non inferiore al 30% dopo le ore 22 nel periodo di ora solare e dopo le 23 nel periodo di ora legale: Orologi o dispositivi tutta notte-mezza notte, Cablaggi bi-potenza, Riduttori di flusso luminoso.

Per le ottiche usate negli impianti stradali, parcheggi, ovvero nell'illuminazione di piazzali, grandi aree, zone industriali e commerciali, le ottiche usate devono essere montate su pali dritti parallelamente alle superfici da illuminare o con inclinazione tale da non superare un'emissione di 5 cd/Klm a 90° e 0 cd/Klm a 95° e oltre. Tali valori si riducono a 0 cd/Klm a 90° e oltre nelle zone tutelate.

*"Per l'illuminazione di edifici e monumenti viene indicata la tecnica radente dall'alto, dando preferenza ad apparecchi posizionati sottogronda o direttamente a parete. E' prevista deroga nei casi di assoluta impossibilità di attuazione della stessa, e per soggetti di particolare e comprovato pregio architettonico.*

*In tal caso i fasci di luce rimarranno almeno un metro al di sotto del bordo superiore della superficie da illuminare e in ogni caso entro il perimetro della stessa, provvedendo allo spengimento parziale o totale o alla diminuzione della potenza entro le 22 nel periodo di ora solare e entro le 23 nel periodo di ora legale.*

*L'impianto utilizzerà ottiche in grado di collimare il fascio luminoso anche attraverso proiettori tipo spot o sagomatori di luce ed essere corredato di eventuali schermi anti dispersione.*

*La luminanza media mantenuta non supera quella delle superfici illuminate nelle aree circostanti, quali strade edifici o altro e in ogni caso deve essere mantenuta entro il valore medio di 1 cd/mq.*
*Non è compatibile con quanto previsto dalla Legge regionale n°37/2000 l'illuminazione (per fini ornamentali, pubblicitari e di qualsiasi altro genere) di ogni elemento naturale del paesaggio.*

*Non è altresì compatibile l'utilizzo di corpi illuminanti che per dimensioni, emissione luminosa, numero ed uso improprio degli stessi, possono originare un visibile impatto sul territorio particolarmente dissonante con i livelli e il genere di illuminazione presente nell'area".*[11]

[11] Regione Toscana (a cura), "Linee guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna"; Regione Toscana-Giunta Regionale, pag.37.

## *4.4- Approfondimento sull'inquinamento luminoso*

"Lo duca e io per quel cammino ascoso
Entrammo a ritornar nel chiaro mondo;
e senza cura aver d'alcun riposo
salimmo su, el primo e io secondo,
tanto ch'ì vidi de le cose belle
che porta 'l ciel, per un pertugio tondo;
e quindi uscimmo a riveder le stelle"[12].

**Definizioni**

*L'International Commission on Illumination (CIE)* definisce inquinamento luminoso una generale luminescenza del cielo causata dalla dispersione di luce artificiale nell'atmosfera.

Di recente la stessa CIE ha proposto una nuova definizione: inquinamento luminoso è un termine generico che indica la sommatoria di tutti gli effetti sfavorevoli dovuti alla luce artificiale.

*La Illumination Engineering Society of North America (IESNA)* considera l'inquinamento luminoso qualsiasi effetto indesiderato dovuto alla luce prodotta dalle attività umane.

[12]Versi dal 133 al 139, Inferno XXXIV, Tratto da Dante Alighieri, "La Divina Commedia, Inferno", a cura di Natalino Spegno, La Nuova Italia, Firenze 1989, pag. 385

*L'International Dark Sky Association (IDA)* ritiene l'inquinamento luminoso qualunque alterazione della quantità naturale di luce presente di notte nell'ambiente esterno, al di fuori degli spazi che è necessario illuminare, dovuta ad immissione di luce di cui l'uomo è responsabile.

## Cos'è l'inquinamento luminoso

In generale, l'inquinamento luminoso è una sorta di disturbo della percezione visiva dovuto alla dispersione di parte del flusso luminoso, emesso da una sorgente artificiale, il quale non raggiunge o oltrepassa l'area da illuminare assegnata al sistema.

Il flusso luminoso disperso può essere causato da:

- una inadeguata scelta delle ottiche quindi dall'uso di lampade con caratteristiche fotometriche inadeguate;
- da un errato posizionamento delle apparecchiature di illuminazione.

L'inquinamento luminoso è essenzialmente dovuto:

- ad una eccessiva e/o inadeguata illuminazione delle aree abitate;
- dal flusso luminoso riflesso dalla superficie della strada verso la volta celeste;
- dai segnali luminosi intrusivi;
- da un non corretto controllo e manutenzione dei sistemi di illuminazione.

Cosa accade

La luce artificiale contribuisce ad incrementare la naturale brillanza del cielo, dovuta ai fenomeni di dispersione (scattering) provocati dalle particelle sospese nell'atmosfera terrestre, si crea così uno sfondo luminoso che nasconde la luce degli astri, ostacolando l'osservazione dei corpi celesti.

Effetti negativi

I primi ad accorgersi degli effetti negativi sono stati gli astronomi e gli astrofili: L'effetto piu' eclatante dell'inquinamento luminoso, ma non certo l'unico, e' l'aumento della brillanza del cielo notturno e la conseguente perdita della possibilita' di percepire l'Universo attorno a noi.

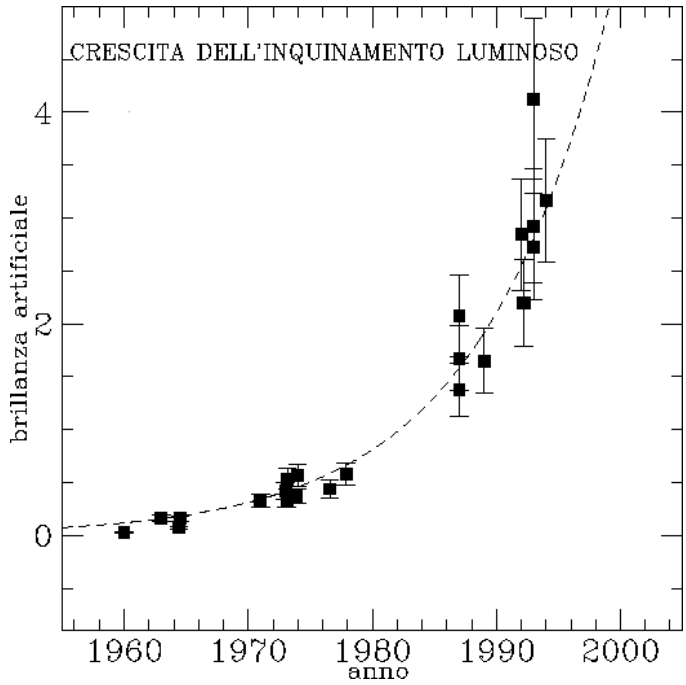



**Fig. 4.4.1** *Andamento della brillanza artificiale del cielo notturno presso l'Osservatorio Astronomico di Asiago*[13]

[13]Alessandro Ghiandai, Roberto Manganelli, "linee guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna", Regione Toscana Giunta Regionale, pag. 7.

L'inquinamento luminoso può avere molteplici effetti negativi:

- sulla salute dell'uomo: disturbi del sonno, irritabilità, alterazione dei cicli circadiani, sicurezza stradale;
- sull'ambiente: alterazione della fotosintesi clorofilliana, sul comportamento animale e vegetale, depauperamento delle risorse energetiche;
- sugli aspetti culturali e scientifici, potrebbe sembrare un problema solo per gli astronomi e gli astrofili Invece è un problema per tutti; consideriamo il tempo che impiega la luce proveniente dal resto dell'universo per arrivare sulla terra, migliaia o milioni di anni, rischiamo di perderla nell'ultimo istante del suo viaggio, poco a poco stiamo perdendo la possibilità di vedere il cielo stellato, che non è solo un bellissimo panorama da proteggere, ma anche un mezzo per avvicinarci alla natura, alla scienza, una presenza culturale che ha accompagnato l'intera nostra evoluzione stimolando la curiosità e il bisogno di conoscere la struttura dell'universo.

L'inquinamento luminoso sta crescendo in modo esponenziale, e con esso la luminosità del cielo. Dagli anni settanta ad oggi la luminosità artificiale del cielo è più che quadruplicata. Il rapporto ISTIL 2001 rivela che 2/3 della popolazione italiana ha perso la visione notturna della Via Lattea a causa dell'inquinamento luminoso. Ma tenendosi l'attuale tasso medio di crescita dell'inquinamento luminoso, questa diventerà invisibile in tutto il territorio nazionale a livello del mare, entro il 2025.

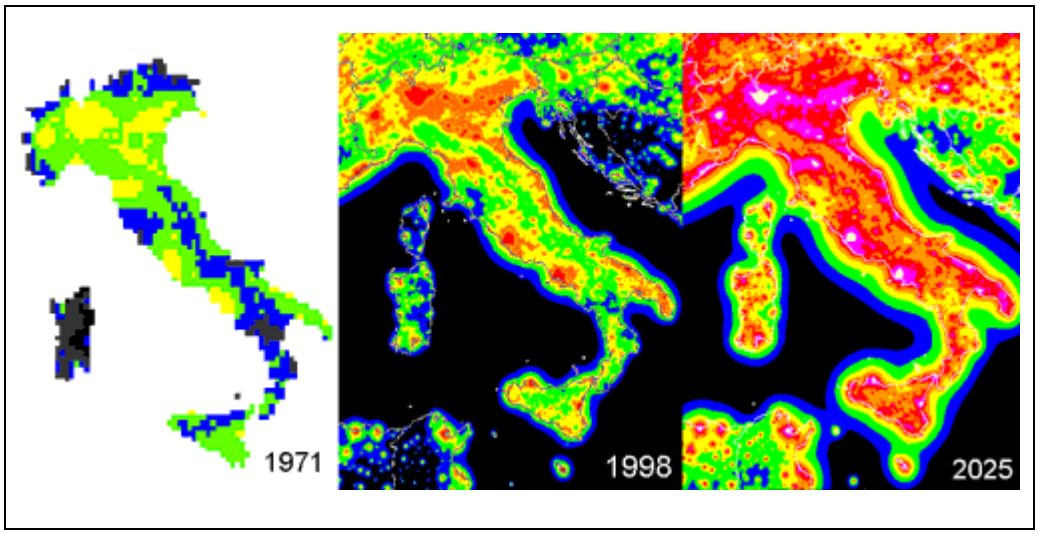



***Fig.4.4.2*** *Andamento della brillanza artificiale del cielo notturno in Italia.*[14]

## Aspetti ambientali delle lampade

L'inquinamento luminoso oltre ad essere uno stato di alterazione ambientale è l'origine di un grande spreco energetico, viene calcolato che circa il 30 % dell'energia mondiale, prodotta per scopi di illuminazione, si disperda verso il cielo.

Vediamo in tal proposito la lettura dei dati contenuti nell'annuale *Rapporto sullo Stato dell'Ambiente in Toscana*, riportati nella tabella sottostante, dai quali si evince come l'energia consumata per l'illuminazione pubblica sia aumentata, nel periodo 1995 – 2000, del 12,2%.

[14] Regione Toscana (a cura), "linee guida per la progettazione, l'esecuzione e l'adeguamento degli impianti di illuminazione esterna", Regione Toscana Giunta Regionale, pag. 8.

| | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| EE Illuminazione pubblica (kTep) | 23,7 | 24,5 | 25,1 | 25,6 | 26,2 | 26,6 |
| Energia sprecata (kTep) | 7,1 | 7,4 | 7,5 | 7,7 | 7,9 | 8,0 |
| Energia sprecata (GWh) | 82,5 | 85,8 | 87,6 | 89,4 | 91,5 | 92,8 |

***Fig. 4.4.3*** *Energia consumata per illuminazione pubblica ed energia sprecata verso l'alto (Toscana)*[15]

Osservando gli effetti ambientali che risultano da tutte le attività necessarie a generare una certa quantità di luce, risulta che la lavorazione delle materie prime, la produzione stessa delle lampade, e il loro smaltimento a fine vita svolgono un ruolo minimo rispetto al consumo energetico durante l'uso della lampada.

Dall'intero impatto ambientale legato alla vita utile di una lampada, il 90% e oltre è costituito dal consumo energetico dovuto alla lampada.

L'impatto ambientale del consumo energetico deriva dalla generazione dell'energia che vede i "portatori" fossili di energia, quali il petrolio, metano o carbone convertiti in elettricità l'utilizzo di una qualsiasi tipologia di apparecchiatura elettrica comporta una certa emissione di $CO^2$, in quanto gran parte dell'energia elettrica è prodotta partendo dalla combustione di combustibili fossili. Ne consegue che quando si parla di usi finali elettrici, e quindi anche di illuminazione artificiale, è necessario tener presente sia il consumo di energia primaria che questi comportano, sia i problemi relativi alla così detta sostenibilità ambientale, primo fra tutti quello dell'emissione di $CO^2$.

Il contenimento dell'emissione di gas serra è tema di grande attualità, anche in rapporto al dibattito internazionale sui parametri definiti, ma ancora non universalmente riconosciuti, del protocollo di Kyoto

[15] *Fonte: ENEL, GRTN*

(Ricordiamo che al summit mondiale di Kyoto sul surriscaldamento globale, i ministri dell'unione Europea hanno stabilito di conseguire, tra il 2008 e il 2012 una riduzione dell'8% delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra a fronte dei livelli del 1990).

Oltre all'enorme riduzione di emissioni di anidride carbonica, polveri, zolfo e ossidi di azoto legate al potenziale risparmio energetico, si ridurrebbe il quantitativo di mercurio emesso dalle centrali elettriche a carbone durante il processo di generazione dell'elettricità.

Ecco l'importanza dello sviluppo di una produzione di lampade con contenuti limitati o persino assenti, di sostanze quali il mercurio e il piombo e lo studio e l'introduzione di tecnologie di illuminazione innovative come i LED, che potrebbe portare ad una rivoluzione paragonabile al passaggio dalla lampada a gas alla lampada Edison avvenuto verso la fine dell'Ottocento, consideriamo che il risparmio di energia ottenibile sui grandi numeri è notevole, per esempio il consumo dei semafori nel mondo, potrebbe essere ridotto di due terzi se alle normali lampadine si sostituissero i led.

Di seguito si riportano parti di un interessante articolo:

***ILLUMINAZIONE ED EFFETTO SERRA di Ruggero Guanella e Giulio Solani***

*"……Per meglio capire il legame che può esistere fra l'illuminazione artificiale e compatibilità ambientale è necessario fissare alcuni parametri di equivalenza.*

*Il primo è il rapporto tra l'emissione di $CO^2$ e produzione di energia elettica: tale rapporto viene stimato in circa 0,61 kg di $CO^2$/kWh per quanto riguarda la produzione media di energia elettrica a livello nazionale.*

*Tale dato varia a seconda degli anni ma anche a seconda della fonte, il dato è fortemente influenzato dalle scelte energetiche effettuate da ogni paese, ed è facile constatare come in Francia ad esempio, a causa del massiccio uso del nucleare, il valore diminuisca drasticamente, così pure nei paesi nei quali l'impiego di fonti rinnovabili rappresenti una realtà e non una utopia.*

*Esistono studi che si occupano principalmente di quantificare la compensazione dell'emissione di $CO^2$ con la tutela di foreste in crescita o la piantumazione di superfici per incrementare gli effetti benefici dovuti proprio alla capacità degli alberi di assorbire $CO^2$. .*

*….In particolare "impatto Zero", progetto di Life Gate con lo scopo di rendere ecosostenibili i processi produttivi e che si impegna nell'attuazione degli intenti fissati dal protocollo di Kyoto, propone un modello semplificato di calcolo che collega l'emissione di $CO^2$ alla superficie boschiva necessaria per compensarla.*

*….Ad esempio per ogni lampada da 100W installata, in funzione per 5 ore al giorno i dati sono:*

**EQUIVALENTE $CO^2$-BOSCO PER UNA LAMPADA AD INCANDESCENZA DA 100W**

| NUMERO APPARECCHI | POTENZA (W) | ACCENSIONE GIORNALIERA (H/GIORNO) | ACCENSIONE ANNUALE (H/ANNO) | ENERGIA (KWH/A) | EQUIVALENZA $CO^2$/ANNO(KG) | EQUIVALENZA BOSCO ($M^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 5 | 1825 | 182 | 111 | 159 |

*Alla luce di questi dati è possibile stimare l'impatto derivante dall'installazione di nuovi impianti di illuminazione.*

*Anche per impianti di media dimensione, le potenze in gioco e di conseguenza l'energia consumata e la $CO^2$ emessa raggiungono valori anche importanti.*

*Il risultato non induce grande ottimismo, poiché la superficie da proteggere, se esiste, o da adibire a foresta è notevole. Difficile per una amministrazione pubblica è reperire tali spazi per poter garantire tramite opportuna piantumazione l'assorbimento della $CO^2$ emessa.*

| Equivalente $CO^2$-bosco per una lampada al sodio AP da 100W | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero apparecchi | Potenza (W) | Accensione giornaliera (h/giorno) | Accensione annuale (h/anno) | Energia (kWh/a) | Equivalenza $CO^2$/anno(kg) | Equivalenza bosco ($m^2$) |
| 20 | 100 | 11 | 4015 | 8030 | 4898 | 7004 |

| Equivalente $CO^2$-bosco per un comune di 5000 abitanti | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero apparecchi | Potenza (W) | Accensione giornaliera (h/giorno) | Accensione annuale (h/anno) | Energia (kWh/a) | Equivalenza $CO^2$/anno(kg) | Equivalenza bosco ($m^2$) |
| 1000 | 100 | 11 | 4015 | 401500 | 245000 | 350000 |

*Rapportando i dati all'intero territorio nazionale e considerando che circa 171 milioni di tonnellate di $CO^2$ equivalente sono emesse a causa della produzione di energia elettrica da combustibile fossile, si avrà una necessità di territorio da dedicare a foresta, solo per compensare la produzine di energia elettrica, paria a circa 245000 $km^2$, a fronte dell'intera superficie nazionale pari a circa 300000 $km^2$ (la produzione elettrica annuale lorda è stata, nel 2001, di circa 279 miliardi di kWh).*

*E' chiaro dunque, in conclusione, come tale impostazione, per quanto interessante sulla carta, necessiti evidentemente di accordi internazionali non potendo gestire i bilanci di emissione assorbimento all'interno dei confini nazionali.*

*Indubbiamente l'intero patrimonio forestale mondiale opportunamente difeso, protetto e incrementato, molto può fare per un riequilibrio, anche sostanziale delle e missioni di $CO^2$ e $CO^2$ equivalenti".*[16]

[16]LUCE n°7/2003, AIDI, pag.51-52

## Per una legge nazionale

La situazione attuale vede un certo numero di regioni che hanno legiferato in materia (che quindi hanno almeno nelle intenzioni obiettivi comuni), ma hanno emanato leggi che fissano standard disomogenei.

Leggi che sono oggetto di aspre discussioni tra i vari rappresentanti del settore illuminotecnica ed astrofili. A tal proposito è interessante riportare articoli esplicativi.

***Dal convegno Nazionale 2004 AIDI-Tavola rotonda di Paolo Soardo***

*"Mario di Sora ( Vicepresidente della sezione italiana della International Dark Sky Association, organismo di studio e ricerca sulle condizioni ambientali per le osservazioni astronomiche).*

*Ha partecipato alla stesura della norma UNI 10819, che a suo avviso non soddisfa le esigenze degli astrofili: di cui l'origine delle attuali dieci leggi regionali. Alcune sono buone, altre meno, ma tutte hanno indirizzato l'attenzione di illuminotecnica e astrofili verso un problema fino ad allora scarsamente considerato. Non solo, ma a suo avviso hanno stimolato l'innovazione: basta scorrere i cataloghi dei fabbricanti di apparecchi di illuminazione.*

*Proprio perché cerca di farsi carico delle ragioni di tutti e di comprendere le varie esigenze, non ha difficoltà a riconoscere che non si può accontentare tutti al 100%.*
*Ritiene che alcune leggi regionali costituiscono un punto di equilibrio e non vorrebbe che una legge nazionale ne limitasse l'impatto.*

*A suo avviso, i livelli di illuminazione sono troppo elevati, anche nei casi in cui si rispetta il criterio di emissione nulla verso l'alto, con conseguenti consumi energetici ingiustificati. Rileva inoltre che molti impianti di illuminazione stradale con apparecchi con coppa vengano realizzati con interdistanze ben più ridotte, e quindi con costi di emissione*

*ben più maggiori, di quanto viene affermato da chi sostiene la maggior efficienza delle coppe rispetto ai vetri piani".*

*Paolo Soardo (Rappresentante del CNR presso la Commission Internazionale de l'Eclairage):*

*"Presenta i risultati delle ricerche, in particolare eseguite in Italia.*

*Il percorso scientifico inizia dalla considerazione che una città illuminata si comporta come una sorgente di luce unica di tipo diffondente, come dimostrato da misurazioni eseguite circa 30 anni or sono confermate recentemente dall'IEN. Intuitivamente, ciò è dovuto all'effetto preponderante delle riflessioni delle superfici illuminate.*

*In base a questo solo fatto, è stato possibile dimostrare che la riduzione del flusso luminoso emesso direttamente dagli apparecchi di illuminazione, unico parametro limitato dalle Leggi Regionali e dalla PdI in questione, porta in realtà a vantaggi trascurabili in termini di miglioramento della magnitudine di soglia, al massimo 0,1 mag.*

*Viceversa un vantaggio ben maggiore può essere ottenuto riducendo i livelli di illuminazione: si ottiene circa una magnitudine da un dimezzamento dei livelli.*

*Questi dati spostano a suo avviso gli obiettivi della legge, in quanto le limitazioni dell'intensità luminosa emessa verso l'alto dagli apparecchi di illuminazine, sono inefficaci, inutilmente penalizzanti e portano inoltre ad un aumento dei consumi energetici e della luce globalmente indirizzata verso l'alto, due risultati certo controproducenti"*[17].

**Norma UNI 10819, Compatibilità ambientale dell'illuminazione pubblica**

*Di Paola Iacomussi, Giuseppe Rossi, Paolo Soardo*

*"…Nel linguaggio comune, la correlazione tra luminanza del cielo e illuminazione pubblica è definita inquinamento luminoso: si tratta di una denominazione impropria in quanto il termine "inquinamento" è associato a possibili danni per la salute e l'ambiente,*

[17] Tratto da Luce n°6/2004, AIDI, pag.43-45

*mentre in questo caso si può soltanto cercare di valutare la "compatibilità" tra illuminazione pubblica ed osservazione astronomica.*

*…Per assicurare la compatibilità tra osservazione astronomica ed illuminazione pubblica non si può certo attivare una riduzione indiscriminata dei livelli di illuminazione, legati alla sicurezza dei cittadini.*

*La soluzione ovvia è il trasferimento degli osservatori astronomici a grande distanza dai centri abitati, lontano dagli impianti di illuminazione ed in zone in cui la mancanza di inquinamento atmosferico, causa principale della riduzione di visibilità dei corpi celesti, garantisca una buona visibilità astronomica.*

*…Ciò non toglie che sia opportuno tenere sotto controllo il flusso luminoso diretto verso l'alto, ai fini di ridurre la non compatibilità con l'osservazione astronomica nei limiti dell'attuale sviluppo tecnologico, del contenimento dei consumi energetici e in generale dei rapporti costi/benefici.*

*…Ad un primo approccio, la condizione auspicabile per gli astronomi sembrerebbe essere l'impiego di soli apparecchi di illuminazione con emissione verso l'alto nulla, o molto ridotta, equipaggiati quindi di lampade completamente contenute all'interno del riflettore e chiusi con vetro (il così detto rifrattore) piano. Non solo, ma in questo modo qualcuno potrebbe anche ritenere di risparmiare energia.*

*La realtà è diversa. Com'è noto un'illuminazione stradale efficiente deve utilizzare la buona riflessione speculare che i manti stradali presentano in condizioni di illuminazione radente, con angolo di illuminazione* ***γ*** *pari a 70-75° dalla verticale. Purtroppo in corrispondenza di tali angoli di incidenza, le leggi dell'ottica indicano che nel passaggio della luce attraverso le interfacce aria-vetro e vetro-aria del rifrattore piano si produce una riflessione verso l'interno dell'apparecchio di illuminazione pari al 40-45% del flusso luminoso che lo dovrebbe attraversare, con la conseguenza di rendere incontrollabile la ripartizione dell'intensità luminosa, riscaldare la lampada e ridurne la vita: una situazione inammissibile.*

*Questo fenomeno negativo del tutto inevitabile, può essere superato con l'adozione di rifrattori a coppa, dato che, agli alti valori dell'angolo* ***γ*** *di cui sopra, la luce*

*viene emessa attraverso le zone laterali delle coppe, praticamente verticali, con bassi valori dell'angolo di incidenza e quindi anche con ridotta riflessione verso l'interno, a parità di angolo* ***γ,*** *il rendimento dell'apparecchio con rifrattore a coppa è superiore anche del 30% a quello con vetro piano.*

*Per contro, la diffusine delle zone laterali della coppa porta a emissione di luce verso l'alto, tipicamente il 2,5-3% del flusso luminoso globalmente emesso dall'apparecchio di illuminazone; nel seguito questo parametro, che caratterizza ogni apparecchio di illuminazione nelle effettive condizioni di installazione verrà indicato con il simbolo* ***Ri****.*

*Può sembrare uno scotto da pagare sull'altare del risparmio energetico, ma in realtà il rifrattore a coppa appare la situazione più favorevole anche dal punto di vista astronomico. Infatti volendo ridurre anche l'emissione di luce diretta verso l'alto ed adottando quindi una chiusura degli apparecchi di illuminazione con vetro piano, per evitare elevate riflessioni interne occorre ridurre l'apertura angolare* ***γ*** *del fascio lumino emesso. Le immediate conseguenze sono la riduzione della zona illuminata e quindi dell'interdistanza degli apparecchi di illuminazione: ciò comporta l'aumento del numero degli apparecchi di illuminazione necessari per realizzare la luminanza stradale prevista dalle norme, con maggiori costi di installazione e di consumo energetico. Come se ciò non bastasse non potendo ricorrere all'illuminazione radente a causa della riduzione dell'angolo di illuminazione γ, occorre indirizzare sulla strada un maggior flusso luminoso a parità di area illuminata e della sua luminanza, con la conseguenza che la strada riflette più luce verso l'alto.*

*…Con l'invito a provvedere allo spengimento del 50% delle sorgenti di luce oltre una certa ora della note, le stesse leggi autorizzano inoltre la modifica degli impianti di illuminazione e la riduzione dell'uniformità della luminanza della pavimentazione stradale al di sotto delle prescrizioni della norma UNI 10439, riducendo anche fortemente i limiti di sicurezza per tutti gli utenti della strada.*

*…Ma non vi è alcun dubbio che gli astronomi possano lavorare al meglio nelle zone in cui l'illuminazione pubblica proprio non esiste e soprattutto dove l'inquinamento atmosferico sia molto ridotto.*

*…Ciò detto se si vuole proteggere l'osservazione astronomica, in specie quella amatoriale a carattere divulgativo, insieme alla adozione della norma UNI 10819, le leggi dovrebbero prevedere la istituzione di parchi delle stelle, zone buie e disabitate in cui gli impianti di illuminazione pubblica dovrebbero essere proibiti. In pratica le leggi potrebbero permettere l'accesso degli astrofili ai parchi nazionali esistenti, in cui la protezione dell'ambiente, animale e vegetale, già prevede ridottissimi livelli di illuminazione"*[18].

Si dovrebbe puntare invece ad avere leggi e norme comuni che consentano la libera circolazione dei prodotti e del lavoro.

Assil-Assoluce (Associazione Industrie Italiane di Illuminazione), AIDI (Associazione Italiana di Illuminazione), e APIL (Associazione Progettisti Illuminotecnica) ritengono necessario che la materia venga regolamentata da una legge nazionale, in coerenza con l'art. 117 della Costituzione che riserva allo Stato la tutela dell'ambiente (la luce inquinante non si ferma ai limiti regionali ma va oltre!) la quale:

- riporti l'uniformità degli standard tecnici su tutto il territorio italiano;
- definisca detti standard tecnici in funzione delle caratteristiche delle diverse zone del territorio (densità abitativa, distanza dagli osservatori etc);
- renda compatibile le esigenze di visibilità e di sicurezza dei cittadini tutti, quello degli astrofili in particolare, con le ragionevoli possibilità

[18] *Luce, AIDI, Settembre 2000, pag.55-60*

di investimento delle pubbliche amministrazioni e con la necessaria attenzione al risparmio di energia;

- sia compatibile con la tecnologia attuale del settore illuminotecnico e con i suoi prevedibili sviluppi.

Centrale dovrà essere il ruolo dei progettisti illuminotecnici: i loro progetti dovranno essere assolutamente conformi a quanto la legge richiede. Le imprese installatrici dovranno attestare, sotto la propria responsabilità, che l'impianto sia esattamente rispondente al progetto.

Stato, Regioni, Province e Comuni dovranno avere ruoli essenziali non solo nella divulgazione della legge ma anche di controllo della sua corretta applicazione.

***Fig. 4.4.4-5*** *Bagnatica (BG)*[19].

## L'importanza di una progettazione indipendente

Secondo la definizione di Bruno Zevi "Con la luce artificiale si può progettare lo spazio", si fa architettura. Questa è un'acquisizione che sembra consolidata all'estero ma che da noi sta muovendo i primi passi dopo anni e anni di illuminazione funzionale e riproduttiva.

Spesso, troppo spesso, ci si accorge che non c'è progetto e se nel processo non è presente un professionista manca il momento culturale necessario per passare dal fare luce a illuminare. Sono la mancata progettazione e il mancato riconoscimento di figure professionali, valide e indipendenti proposte alla progettazione e alla pianificazione

[19] Foto: D. Bonata, Tratto da http://www.cielobuio.org/supporto/img/imostri.htm

illuminotecnica sul territorio, che hanno esasperato il problema dell'inquinamento luminoso

Attualmente il mondo dell'illuminotecnica è caratterizzato da una grande confusione di ruoli tra le varie figure in esso presenti: costruttore, grossista, progettista, installatore etc. Dalla scarsa sensibilità verso l'importanza del fenomeno luce è derivata nel tempo una insufficiente attenzione legislativa e la mancanza quindi, di una rigorosa definizione dei ruoli, delle competenze e dei requisiti necessari per ciascuno di essi.

Ad oggi il ricorso ad un professionista indipendente per una progettazione illuminotecnica è abbastanza inconsueto e riservato a casi particolari, specialmente dove è richiesto un uso creativo della luce, a scopo scenografico. Persiste cioè un approccio miope che sottovaluta le potenzialità del progetto di illuminazione nel quale confluiscono si aspetti creativi, ma anche economici e gestionali.

Generalmente si ritiene sufficiente interpellare le ditte che producono o soltanto vendono gli apparecchi di illuminazione gli show room, oppure per gli impianti stradali, le imprese che eseguono gli impianti elettrici o quelle che garantiscono tali impianti. Tutti questi operatori offrono i loro servizi gratuitamente, risparmiando di conseguenza sulla qualità del progetto, in quanto si ottengono soluzioni standardizzate, utilizzando solo prodotti che questi producono, commercializzano o sui quali hanno più margine, per cui ci si può rendere conto di come possa essere difficile per un professionista indipendente operare in modo concorrenziale.

Si è generato così un fenomeno di appiattimento: i cataloghi delle aziende tendono ad essere tutti molto simili, e si sta assistendo ad una certa spersonalizzazione delle stesse; ognuna vuole avere tutte le tipologie a catalogo per completare la fornitura ed accontentare il cliente con un'unica produzione, che significa extrasconto.

Occorre far capire al pubblico che un progetto pagato, in quanto affidato ad un progettista indipendente è da preferirsi ad uno gratuito e spesso più economico, perché da luogo ad impianti che hanno come unico obiettivo il soddisfacimento delle necessità del destinatario dell'impianto. Affidando il progetto ad un professionista della luce si può disporre di un impianto più prestazionale e con un'estetica più curata, ma anche di servizi legati al controllo sui costi di acquisto dei prodotti, al controllo sulla realizzazione delle opere e alla gestione della manutenzione, un aspetto ad esempio che non viene spesso tenuto conto perché chi fa le scelte nell'azienda non è la stessa figura che si occupa della manutenzione, un modo di procedere per compartimenti stagni che si ripercuote sui costi globali dell'impianto.

Il principale difetto di questo tipo di servizi "All Inclusive" è proprio quello di non evidenziare i giusti costi di una progettazione professionale.

La progettazione è un'attività professionale, basata sul rapporto fiduciario che si instaura tra il progettista e il committente. Questo rapporto può funzionare solo se il progettista è indipendente, perché solo così uno dei suoi obiettivi è garantire gli interessi del committente. Certo, un professionista costa, ma il suo prezzo è ampiamente ripagato in termini di

rispetto del budget, di risparmio nei costi di energia e manutenzione, di qualità in generale.

Pensiamo anche solo all'attuazione dei Piani Urbani della luce a livello comunale, sono in gioco scelte economiche, culturali, tecniche, di sicurezza che riguardano tutta la comunità.

Quindi oltre a figure professionali che progettano si necessita di referenti all'interno dell'amministrazione pubblica qualificati, in grado di valutare i progetti.

## Conclusioni

Assistendo ai convegni tenutesi a Firenze in occasione di Terra Futura, e a Milano durante l'INTEL2005[20], grazie alla consultazione di riviste del settore, mi sono resa conto di quanto il problema del così detto Inquinamento Luminoso sia sentito e di come costituisca un dibattito ancora aperto e che la strada da percorrere per mettere d'accordo tutte le parti in causa sia ancora abbastanza lunga.

L'impressione è che quando si parla di illuminazione si tende a far coincidere o addirittura si confonde la limitazione dell'Inquinamento Luminoso con la ricerca, definizione di soluzioni progettuali e reali tese al risparmio energetico, e non ci si rende conto che non sempre i due aspetti coincidono.

[20]LOOK THE TECH, SEE THE LIGHT, Fiera Milano 17-21 Maggio

Appare evidente l'esigenza di promuovere una cultura della luce che faccia parte di un modello culturale di riferimento che abbia come obiettivo la tutela del paesaggio, quindi attenta ai valori delle identità e alla qualità della vita, intesa anche come equilibrio ambientale, che senta il paesaggio come una risorsa idonea a conservare la memoria e a costruire il futuro, dobbiamo renderci conto cioè del patrimonio artistico che abbiamo a disposizione, che ha solo bisogno di essere sottolineato con qualità.

Bisognerebbe produrre una legge nazionale che sia una legge di buon senso, in quanto a tutti piace vedere le stelle ma nel contempo a tutti piace usufruire e vivere gli spazi urbani con serenità, ma anche con poesia, che la luce artificiale sa offrire, quindi per un utilizzo dell'illuminazione che non debba essere sempre e solo rivolta ad aspetti funzionali, esiste infatti anche un utilizzo "umano", artistico ed estetico che può non coincidere con un fascio luminoso diretto sempre e comunque sotto le zero candele di intensità emessa dagli apparecchi di illuminazione.

E' indispensabile contestualizzare e umanizzare i numeri e valori, dare un significato esatto al concetto di prestazione illuminotecnica.

***"Ingegner Palladino cosa significa cultura della luce?***

*Da sempre la luce ci permette di vedere il mondo. Anche se dal punto di vista fisico non è mai cambiata, la luce ha una propria storia, legata alla percezione e alla comprensione degli uomini, e al progredire delle tecniche della sua manipolazione.*

*Un fenomeno naturale diventa così culturale e influenza le conoscenze scientifiche, l'arte l'architettura, la vita quotidiana. La luce che vediamo e in cui siamo immersi oggi non è la stessa di cent'anni fa.*

*Dai getti delle fiamme a gas per illuminare le case ai tubi a raggi catodici, alle fibre ottiche e agli schermi a cristalli liquidi, passando per le lampade a incandescenza, la luce segue l'evoluzione del pensiero umano, modificando tradizioni e comportamenti: questa è cultura".*[21]

[21] "A ciascuno il suo", Tratto da Lighting, Design Collection, Numero 70 Giugno 2002, pag.23.

# 5- RILIEVO ILLUMINAZIONE ATTUALE

## 5.1- Collocazione dei punti luce

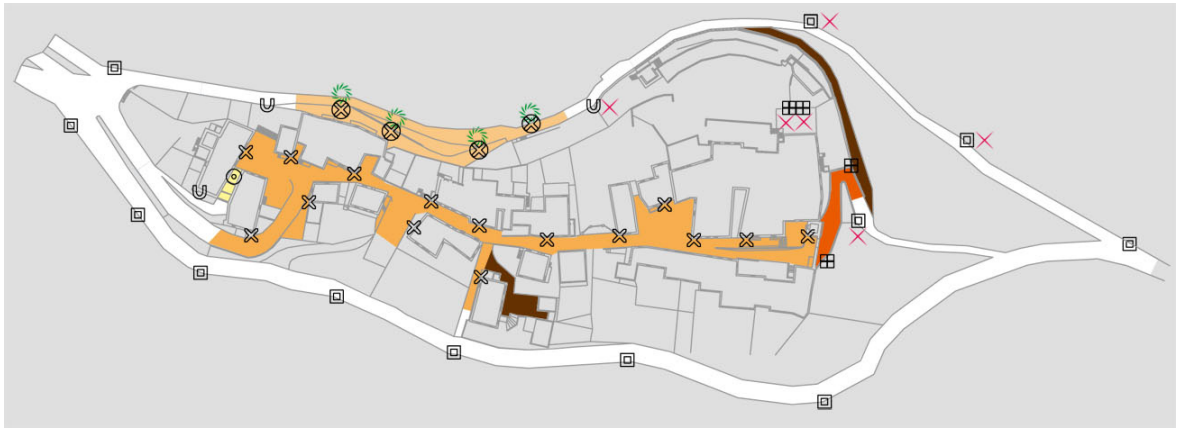


***Fig.5.1.1*** *Planimetria Rilievo Illuminazione*

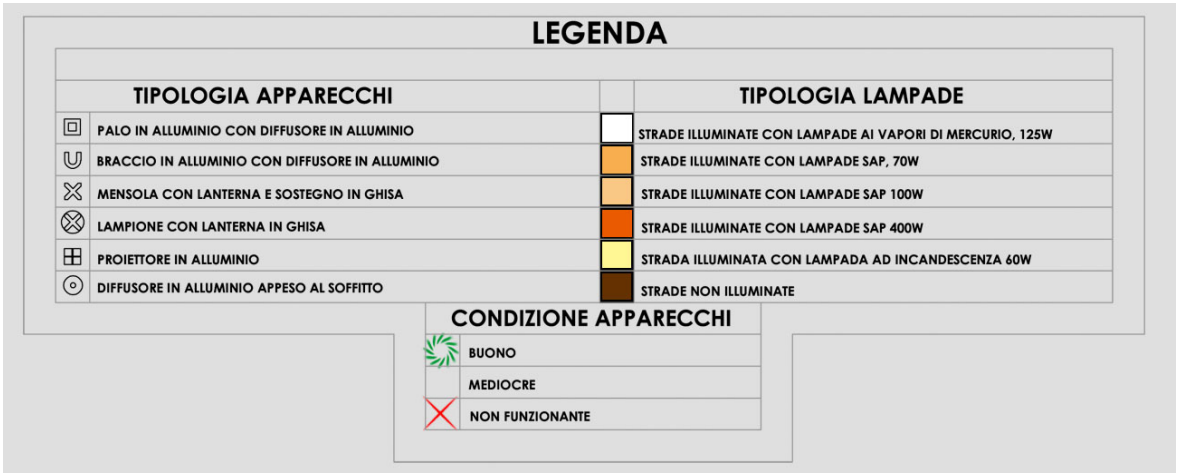



***Fig.5.1.2*** *Legenda rilievo illuminazione*

Sono state rilevate le posizioni di ogni singolo punto luce dei percorsi analizzati (Fig. 5.1.1).

Successivamente è stata fatta una classificazione in base alle diverse tipologie di apparecchio, alle lampade utilizzate e allo stato di

manutenzione in cui versavano gli apparecchi al momento del rilievo (Fig. 5.1.2).

Come si vede dalla legenda sono stati individuate sei tipologie di apparecchi (Fig. 5.1.3-8). Sono state rilevate situazioni di degrado, obsolescenza e casualità, molti apparecchi non rispettano la normativa contro l'inquinamento luminoso e provocano anche forte abbagliamento (Fig. 5.1.12, 13).

Tutto ciò comporta rendimenti molto bassi nell'impianto e un inutile spreco di energia.

Si può facilmente vedere come la situazione illuminotecnica di Cozzile non sia molto diversa da quella di tanti altri paesi e città Italiani privi di un piano specifico per la luce.

La sottolineatura in pianta dell'impressione visiva ottenuta con le diverse colorazioni che derivano dalle diverse temperature di colore delle lampade utilizzate, evidenzia come l'illuminazione attuale sia il frutto di una serie di interventi puntuali che si sono susseguiti nel tempo mirati a risolvere emergenze locali di "buio" e non il risultato di un progetto unitario che tenesse conto dell'insieme. La luce segue andamenti un po' casuali, non riesce a disegnare una scena notturna comprensibile, cromie differenti si alternano senza armonia né logica (Fig. 5.1.1).

Si percepisce uno stato confusionario, manca una guida visiva, non c'è nessuna gerarchia, l'immagine della città appare frammentata, la percezione del tutto è distorta, si perde il rapporto compositivo tra lo spazio e l'architettura, la confusione dei colori riesce ad interrompere anche inconsciamente il percorso.

***Fig. 5.1.3*** *Diffusore in alluminio appeso al soffitto*

***Fig. 5.1.4*** *Braccio in alluminio con diffusore in alluminio*

***Fig. 5.1.5*** *Proiettore in alluminio*

***Fig. 5.1.6*** *Lampione con lanterna in ghisa*

***Fig. 5.1.7*** *Palo in alluminio con diffusore in alluminio*

***Fig. 5.1.8*** *Mensola con lanterna e sostegno in ghisa*

***Fig. 5.1.9*** *Altro esempio della tipologia Braccio in alluminio con diffusore in alluminio*

## *IMMAGINI SUL DEGRADO DI ALCUNI APPARECCHI*

***Fig. 5.1.10*** *Si può notare la mancanza del vetro protettivo dell'apparecchio e la presenza di fili scoperti*

***Fig. 5.1.11*** *La ruggine ha evidentemente intaccato il palo, manca il vetro di protezione all'apparecchio*

Come si vede dalla legenda gli apparecchi che illuminano la provinciale, ma anche alcuni all'interno del paese, montano ancora lampade ai vapori di mercurio, che hanno una efficienza luminosa (lumen/Watt) veramente molto bassa.

Lungo via Martini sono state utilizzate delle mensole in "stile lanterna"(una tipologia tra l'altro che va per la maggiore nei paesi). A

parte la scelta di design di gusto personale, comportano diverse problematiche.

Sono apparecchi che praticamente non hanno ottica, nel senso che permettono la diffusione libera della luce senza indirizzarla minimamente, questo crea il così detto effetto a macchia di leopardo, dove cioè si alternano punti con forte illuminazione, in corrispondenza del punto luce a zone molto scure nelle immediate vicinanze.

Tra l'altro gli apparecchi sono montati ad un'altezza di circa 4 metri dal suolo, quindi tra il primo ed il secondo piano (Fig. 5.1.12,13) andando a creare il fenomeno dell'abbagliamento, non solo per l'occasionale fruitore del paese ma anche per i residenti dei piani superiori che si trovano in alcuni casi ad avere il flusso di luce direttamente in casa.

DUE ESEMPI DI ABBAGLIAMENTO SU VIA MARTINI

**Fig. 5.1.12**

**Fig. 5.1.13**

Sono notevoli anche gli inconvenienti nel campo manutentivo a causa del richiamo e del conseguente accumulo di insetti, nel momento in

cui è necessario cambiare una lampada spesso devono ricorrere all'utilizzo di aria compressa per ripulirne il vano.

Altre scelte appaiono discutibili, come l'illuminazione del tratto di Porta vecchia affidato ad un diffusore in alluminio appeso al soffitto che monta una lampada ad incandescenza da 60W.

***Fig.5.1.14*** *Soluzione del tratto di Porta Vecchia.*

## *5.2- Rilievo con il Luxmetro*

Dopo aver creato una griglia di riferimento con un passo di circa tre metri per uno metri ed averla adattata all'andamento della strada, è stato eseguito un rilievo iniziale con il luxmetro[22] (Fig 5.2.2).

Questo particolare tipo di rilievo si è dimostrato necessario, innanzitutto per entrare in confidenza con la materia "luce" ma anche per ricavare a seconda dell'illuminamento rilevato le ottiche degli apparecchi presenti che mi è stato impossibile reperire in altro modo.

Ai fini dell'analisi degli illuminamenti sono stati ripresi due dati, uno all'altezza del suolo, l'altro a circa 1,5 metri .

Interessante è stato constatare come lo strumento riportasse dati molto diversi fra loro a seconda dell'inclinazione che gli veniva data e a seconda della situazione atmosferica in cui veniva eseguito il rilievo.

[22] Apparecchio che misura l'illuminamento tarato in lux.

**Fig. 5.2.1** *Legenda Rilievo Luxmetro*

***Fig. 5.2.2*** *Parte del rilievo con il Luxmetro*

## *5.3- Rilievo con il Software LITESTAR*

Attraverso il software di progettazione di illuminazione di interni e esterni LITESTAR, per rendere ancora più attendibile e significativo il rilievo dello stato di fatto, è stata simulata l'illuminazione attuale sulla provinciale, su Via Martini e su via della Circonvallazione.

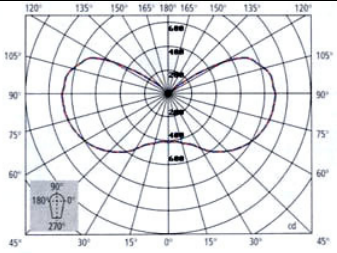
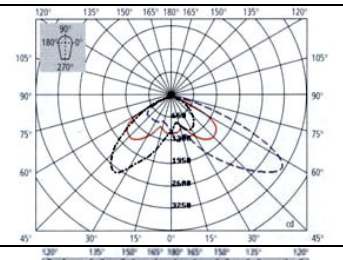
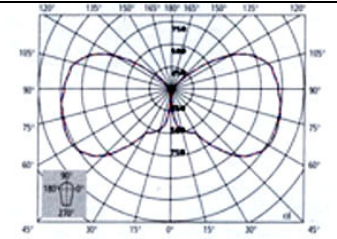
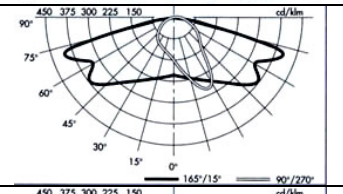
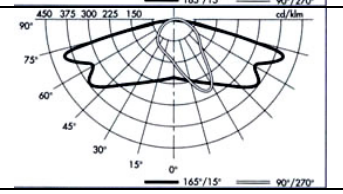
Per eseguire i calcoli illuminotecnici è stato necessario inserire oltre ai coefficienti di riflessione dei materiali, alcuni dati essenziali relativi ad ogni punto luce, in particolare (Tab. 5.3.1):

1. l'altezza a cui sono collocati gli apparecchi;
2. la potenza delle lampade utilizzate;
3. la tipologia della sorgente luminosa;
4. l'ottica utilizzata e se non pervenuta una che più assomigli . Questo è stato il dato più difficile da reperire dove il rilievo con il luxmetro è stato di rilevante aiuto.

E' stato necessario suddividere il paese in 3 parti distinte a causa delle diverse pavimentazioni che hanno comportato diversi coefficienti di riflessione (Tab. 5.3.2).

L'impressione avuta dalla precedente analisi rimasta più su un piano sensoriale è stata avvolarata dai risultati dei calcoli ottenuti, ovvero una illuminazione che anche dal punto di vista prestazionale risulta insufficiente.

***Tab. 5.3.1*** *Dati inseriti in Litestar relativi agli apparecchi*

| SIMBOLO | CURVA FOTOMETRICA | LAMPADA/POTENZA | h | COEFF. MANUTENZIONE |
|---|---|---|---|---|
| |  | INC./60W | 4 mt | 50% |
| |  | SODIO/100W | 4 mt | 50% |
| |  | SODIO/70W | 4 mt | 80% |
| |  | MERCURIO/125 | 5 mt | 50% |
| |  | MERCURIO/125 | 8 mt | 50% |

| RIFLESSIONE |
|---|
| COTTO 25% |
| ASFALTO 7% |
| PIETRA SERENA 20% |

***Tab. 5.3.2*** *Dati inseriti in Litestar riferiti alle riflessioni materiali.*

## Provinciale

Seguendo il processo indicato dalla norma si è arrivati a stabilire che per la provinciale è necessario fare riferimento ai dati relativi alla classe MEW5, ovviamente i valori sono attinenti alla Luminanza visto che la strada è a percorrenza carrabile.

| Classe | $\bar{L}$[23] in cd/m² (minima mantenuta) | $U_0$[24] (minima) | U1[25] (minima) | TI[26] in % (massimo) |
|---|---|---|---|---|
| MEW5 | 0,5 | 0,35 | Nessuna esigenza | 15 |

***Tabella 5.3.3*** *Dati di riferimento classe MEW5*

Confrontando i risultati ottenuti con Litestar (tab. 5.3.4) con i parametri indicati dalla normativa EN 13201 (Tab. 5.3.3)possiamo vedere che questi valori sono molto discordanti tra loro, questo vale non solo per i dati minimi e medi presi in considerazione, infatti vi sono tratti di strada in cui lo strumento ha rilevato 0 lux al suolo come illuminamento e 0 cd/m² come luminanza.

Il pedone con il suo deambulare lento e discontinuo ha tutto il tempo per adattare il proprio apparato visivo a differenti luminanze, cosa che non è possibile sulle strade. Egli non è costretto come il conducente di veicoli a rapide risposte dell'apparato percettivo in situazioni di potenziale o reale pericolo. Ecco perché per una buona illuminazione stradale occorre

[23] **Luminanza media della superficie della strada (di una carreggiata)=**Rappresenta il valore della luminanza mediadella superficie della strada sulla carreggiata.
[24] **Uniformità generale della luminanza della strada=**Rappresenta il rapporto tra il valore più basso ed il valore medio.
[25] **Unità longitudinale (della luminanza di una carreggiata)=**Rappresenta la più bassa uniformità di tutte le corsie di circolazione di una carreggiata.
[26] **Incremento relativo della soglia di percezione=** Rappresenta la misura della perdita di visibilità a causa dell'abbagliamnto debilitante dei centri luminosi di una istallazione di illuminazione pubblica.

garantire dei valori minimi di uniformità media, ovvero il rapporto tra la luminanza minima e quella media, per facilitare il compito visivo.

***Fig.5.3.1*** *Spot illuminamenti al suolo, relativa ai calcoli eseguiti con il programma Litestar.*

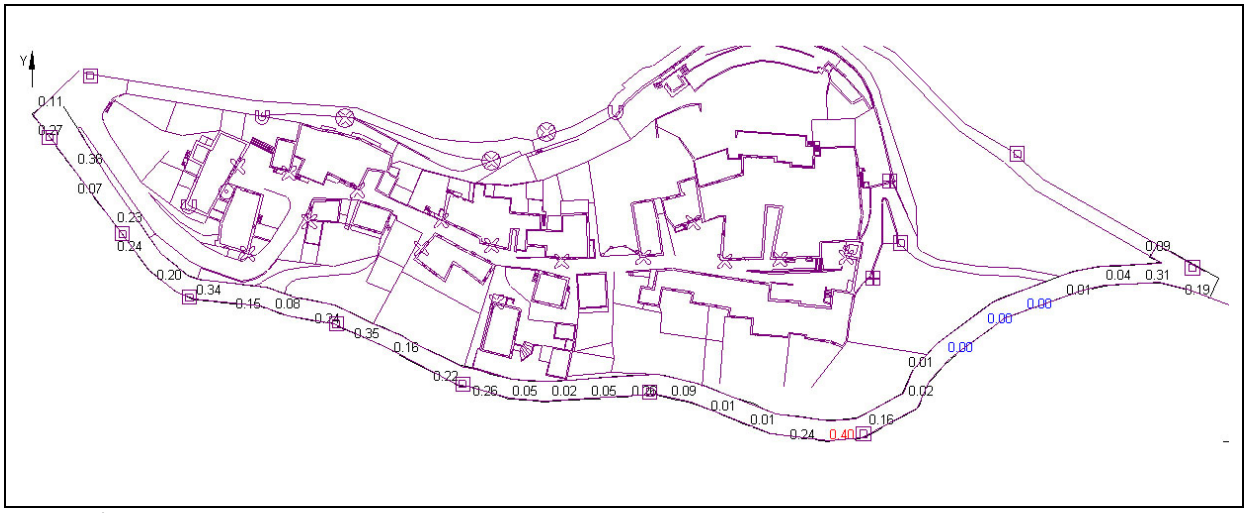



***Fig. 5.3.2*** *Valori luminanze al suolo della Provinciale, relativa ai calcoli eseguiti con il programma Litestar.*

**Fig. 5.3.3** Curve isolux delle luminanze al suolo, relative ai calcoli eseguiti con il programma litestar

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SUOLO** | **ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE (LUX)** | **E Med** 2,8 | **E Min** 0,0 | **E Max** 8,5 | **U Med (Min/Med)** 0,0 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,32 |
| **SUOLO** | **LUMINANZA (cd/m²)** | **L Med** 0,14 | **L Min** 0,0 | **L Max** 0,4 | **U Med (Min/Med)** 0,0 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,36 |

***Tabella 5.3.4*** *Riepilogo risultati dei calcoli eseguiti sulla Provinciale*

E' stato rilevato un **Rn** di 7,27%.

## Via Martini

Su via Martini è stato possibile realizzare un modello schematico in cui sono stati inseriti anche i valori di riflessione diversi per ogni edificio per poter considerare l'influenza delle riflessioni dei materiali di facciata sull'illuminazione.

***Fig. 5.3.4*** *Spot illuminamenti al suoloi, relativi ai calcoli eseguiti con il programma Litestar.*

Osservando L'immagine riscontriamo l'effetto indesiderato a macchia di leopardo che abbiamo rilevato nel Capitolo 4.1.

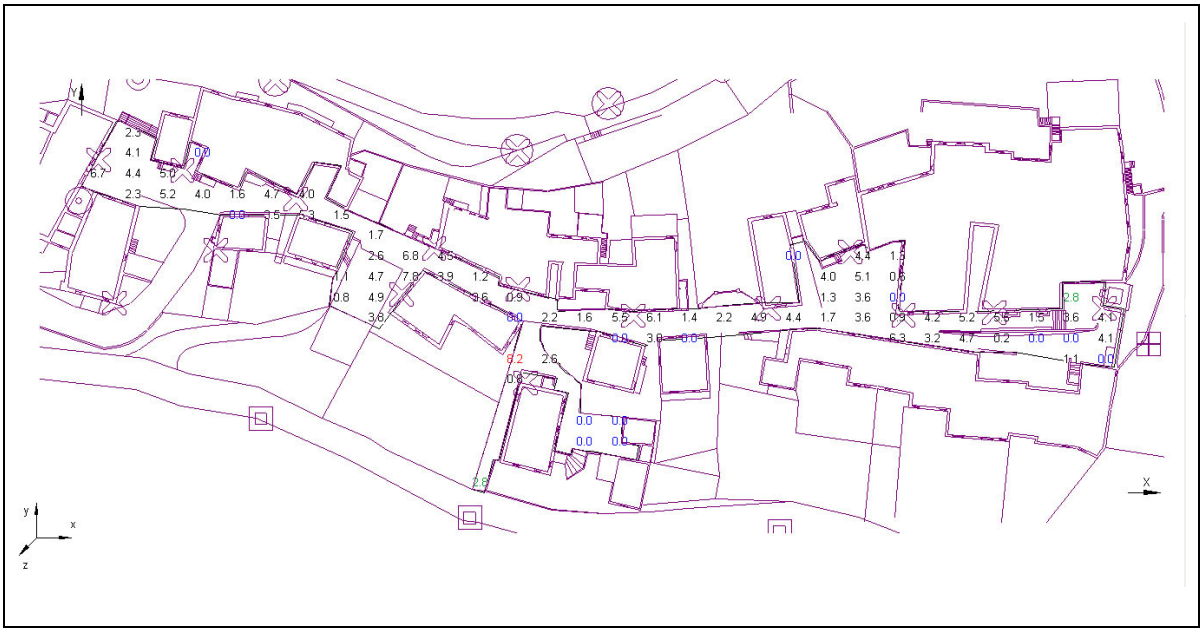


***Fig. 5.3.5*** *Valori illuminamento orizzontale al suolo, relativi ai calcoli eseguiti con il programma Litestar*

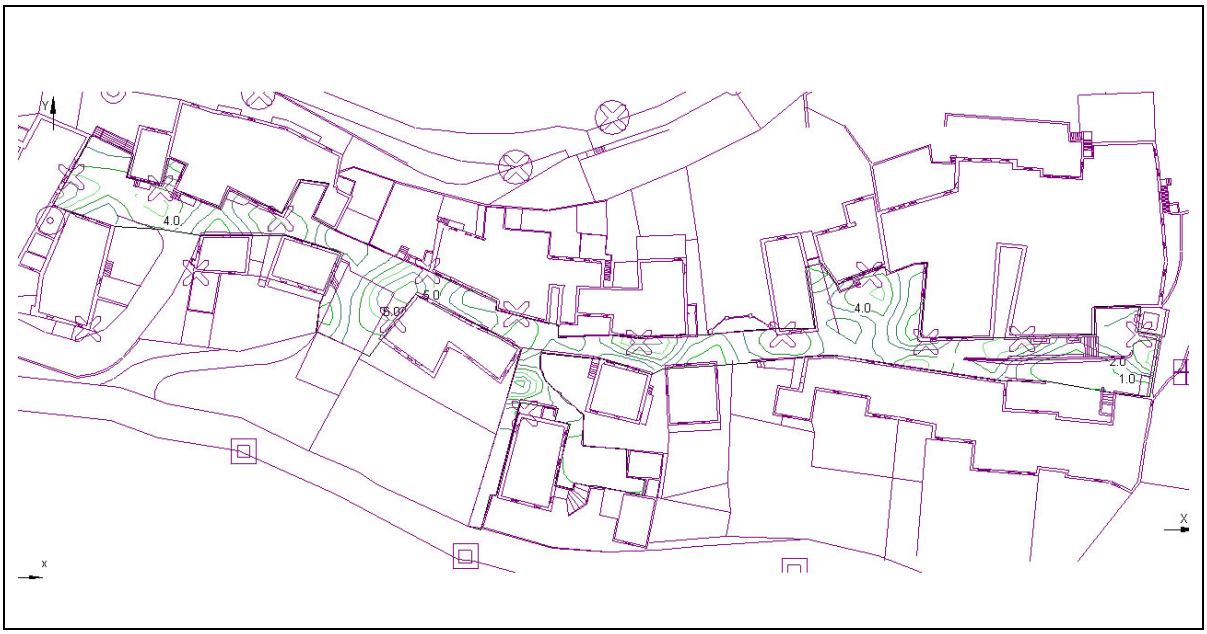



***Fig. 5.3.6*** *Curve isolux illuminamento al suolo, relative ai calcoli eseguiti con il programma litestar.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SUOLO** | **ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE (LUX)** | **E Med** 2,8 | **E Min** 0,0 | **E Max** 8,2 | **U Med (Min/Med)** 0,0 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,32 |
| **PIANO DI LAVORO** | **ILLUMINAMENTO CILINDRICO (LUX)** | **E Med** 4 | **E Min** 0,0 | **E Max** 10 | **U Med (Min/Med)** 0,0 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,41 |
| **PIANO DI LAVORO** | **ILLUMINAMENTO SEMICILINDRICO (LUX)** | **E Med** 1,7 | **E Min** 0,0 | **E Max** 10 | **U Med (Min/Med)** 0,0 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,8 |

***Tabella 5.3.5*** *Riepilogo risultati dei calcoli eseguiti per via Martini.*

E' stato rilevato un **Rn** di 34,89%.

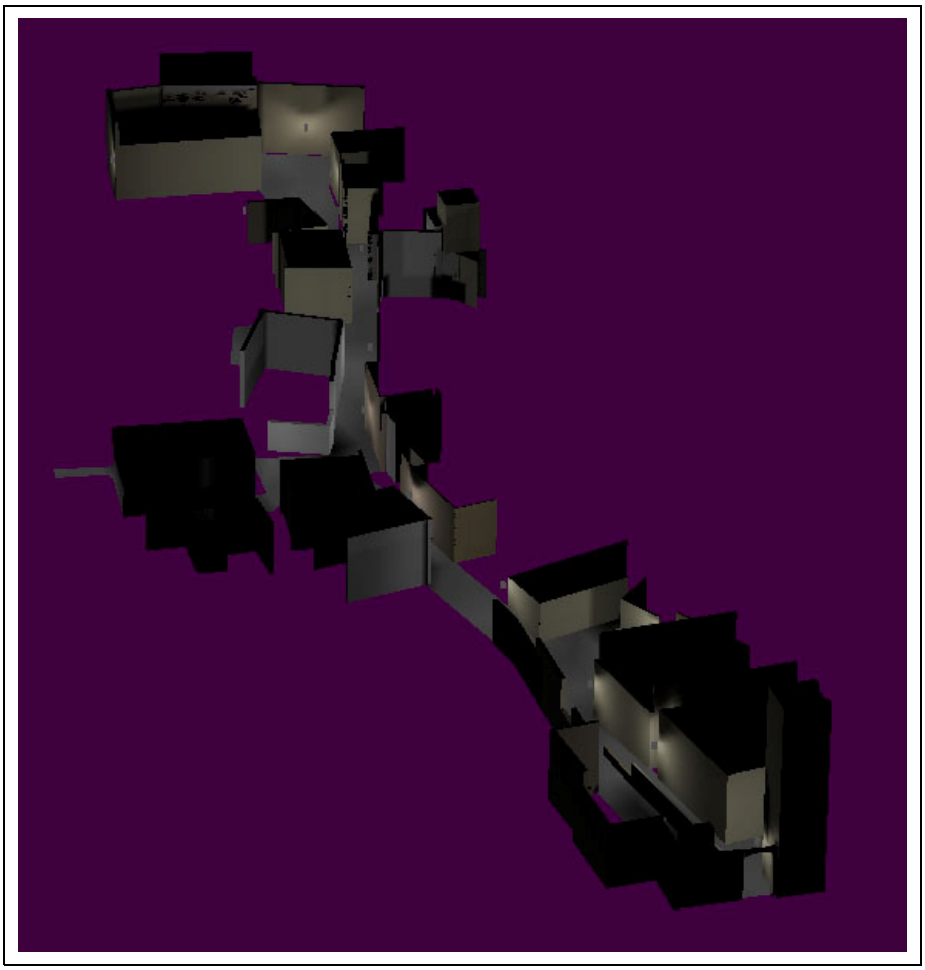


***Fig. 5.3.7*** *Rendering con il modello realizzato per eseguire i calcoli con Litestar*

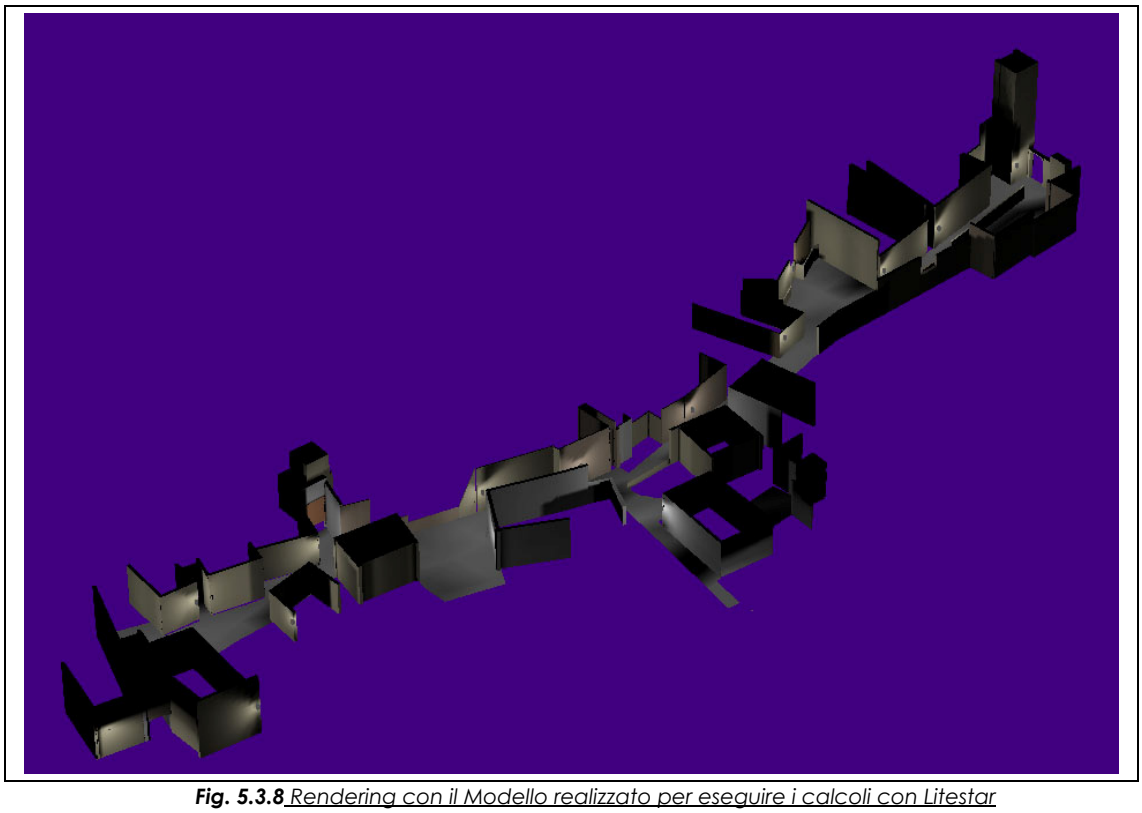


***Fig. 5.3.8*** *Rendering con il Modello realizzato per eseguire i calcoli con Litestar*

## Via di Circonvallazione

Seguendo il processo indicato dalla norma si è arrivati a stabilire che per la via di circonvallazione è necessario invece fare riferimento ai dati relativi alla classe S3, in questo caso i valori sono attinenti all'illuminamento visto che la strada è a percorrenza prevalentemente pedonale; si fa riferimento anche all'illuminamento semicilindrico necessario per il riconoscimento del volto delle persone.

| Classe | $\bar{E}$[27] in lux (Minimo mantenuto) | $E_{min}$[28] in lux (mantenuto) |
|---|---|---|
| S3 | 7,5 | 1,5 |

***Tabella 5.3.6*** *Dati di riferimento classe S3*

| Classe | $E_{sc}$[29],min in lux (Mantenuto) |
|---|---|
| ES3 | 5 |

***Tabella 5.3.7*** *Dati di riferimento classe ES3*

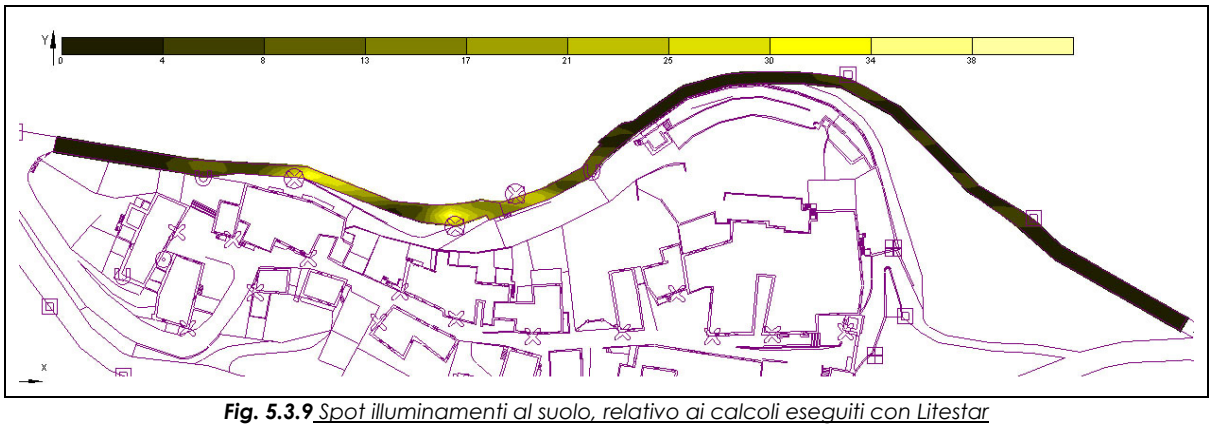



***Fig. 5.3.9*** *Spot illuminamenti al suolo, relativo ai calcoli eseguiti con Litestar*

[27] **Illuminamento medio emisferico=**Rappresenta il valore medio dell'illuminamento emisferico medio sull'insieme della strada.
[28] **Illuminamento minimo (della strada)=**Rappresenta il più basso illuminamento sull'insieme della strada.
[29] **Illuminamento semicilindrico (in un punto)=**Rappresenta il flusso totale ricevuto da una superficie curva di un cilindro comunque di piccole dimensioni diviso per la superficie curva del semicilindro. La direzione della normale al piano posteriore del semicilindro è generalmente la direzione di orientamento del semicilindro.

Possiamo notare come l'unico tratto ben illuminato sia quello interessato dai nuovi apparecchi installati di recente.

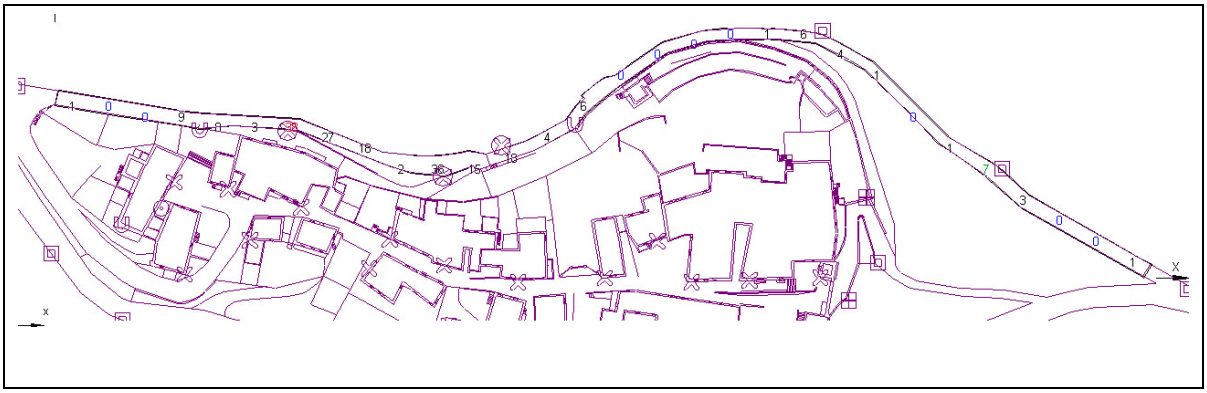


***Fig. 5.3.10*** *Valori illuminamento al suolo relativi ai calcoli eseguiti con il programma Litestar.*

***Fig. 5.3.11*** *Curve isolux illuminamento al suolo, relative ai calcoli eseguiti con il programma Litestar.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SUOLO** | **ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE (LUX)** | **E Med** 7 | **E Min** 0,0 | **E Max** 38 | **U Med (Min/Med)** 0,01 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,18 |
| **PIANO DI LAVORO** | **ILLUMINAMENTO CILINDRICO (LUX)** | **E Med** 6 | **E Min** 0,0 | **E Max** 34 | **U Med (Min/Med)** 0,02 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,18 |
| **PIANO DI LAVORO** | **ILLUMINAMENTO SEMICILINDRICO (LUX)** | **E Med** 4 | **E Min** 0,0 | **E Max** 32 | **U Med (Min/Med)** 0,02 | **U Min (Min/Max)** 0,0 | **U Max (Med/Max)** 0,13 |

***Tab. 5.3.8*** *Riepilogo dei risultati eseguiti con il programma Litestar.*

E' stato calcolato un **Rn** di 1,89%.

# 6- PRINCIPI PROGETTUALI

## *6.1- Ricerca del risparmio energetico, contenimento dell'inquinamento luminoso e dell'abbagliamento.*

Nei livelli di illuminamento si è tenuto conto del contesto notturno e dell'orografia del sito, che come abbiamo visto dall'analisi ha caratteristiche decisamente montane con livelli di illuminamento bassi.

Fondamentali quindi sono state le caratteristiche fotometriche degli apparecchi determinanti per il controllo della la distribuzione del flusso luminoso e dell'abbagliamento (Tab 6.1.1, pg. 92).

Anche le lampade sono state scelte in base alla loro efficienza cercando un rapporto lumen/Watt non inferiore a 90 (Tab 6.1.1, pg. 92).

Con la consapevolezza che lavorando sulla luce si ha la possibilità di incidere fortemente sulla vita quotidiana e sui comportamenti dei cittadini, sull'immagine e la percezione che il cittadino ha di se stesso e del contesto in cui vive, si è ricercata un'illuminazione che non guardasse esclusivamente agli aspetti prestazionali ma che valorizzasse il patrimonio a disposizione. Questa attenzione ha reso possibile la restituzione di un'immagine notturna comunicativa che non debba per forza spettacolarizzare o stravolgere gli spazi.

Per questo sono state considerate linee diverse a seconda delle diverse esigenze per poter sfruttare al massimo i vantaggi offerti dall'utilizzo di sistemi di controllo del flusso luminoso come il variatore di flusso (Cap. 7.2).

## *6.2- Comfort visivo*

L'obiettivo con questo progetto è stato quello di rendere leggibile e fruibile nelle ore serali e notturne la città, evitando una riscrittura del luogo, cercando di rispettare il fatto che una architettura è legata al suo contesto ai suoi colori, alle sue luci, ma anche alle sue ombre e penombre, ricercando l'emozione del contatto non soltanto con i singoli elementi della scena ma con tutto il contesto storico e culturale in cui vive.

La finalità quindi è quella di ritornare a vivere le piazze, le strade, i monumenti da sempre luogo d'incontro, di dialogo di crescita civile e culturale.

Una luce che rispetti il passato ma che dialoghi con il presente.

Si è cercato di non inondare di luce ma di modulare il chiaro e lo scuro, cercando di evitare di fare emergere un singolo elemento per restituire invece un gioco di volumi armonico.

Si è tenuto contemporaneamente conto dei parametri di efficienza tecnica, considerandoli come aspetti compositivi del progetto, scegliendo una illuminazione fatta di luci ma anche di ombre.

Una luce che non solo faccia vedere ma che suggerisca che trasmetta emozioni.

Per la scelta degli apparecchi è stata ricercata una consonanza dimensionale, morfologica e cromatica nel rispetto delle preesistenze.

Questo passaggio si è reso necessario per valutare l' impatto diurno degli apparecchi, fattore troppo spesso sottovalutato.

Non si è volutamente riproposto l'arredo in stile, ritenuto una sovrapposizione formale che mal interpretava il luogo, la sua storia e le sue stratificazioni. E' stato preferito un design molto semplice, dalle forme geometriche pure che non attirasse l'attenzione.

Anche i punti di installazione dei proiettori sono stati scelti in modo da farli risultare defilati dagli assi principali di osservazione e sono stati utilizzati gli edifici circostanti come supporto naturale in modo da evitare per quanto possibile i supporti su palo.

## *6.3- Dinamicità*

In questo progetto oltre a rendere confortevole e sicuro il passeggiare per il paese, si è utilizzata la luce per esaltare il significato compositivo dello spazio architettonico, la sua struttura, i percorsi, cercando di riqualificare il luogo.

La luce assume sempre di più un ruolo fondamentale nell'identità stessa del centro urbano e nella vita dei residenti contribuendo a creare atmosfera e comfort e a rendere viva la città.

Una città con una buona illuminazione promuove se stessa.

Creare una buona illuminazione è l'occasione per gettate le basi per una riqualificazione dell'offerta turistica di una città. Si realizza così un ampliamento della fruibilità dello spazio urbano, indice tra i tanti di una maggiore qualità della vita.

L'idea è stata quella di invitare a intraprendere tutti i percorsi possibili, di stimolare la scoperta delle molteplici prospettive, marcando la differenza tra ciò che sta al di fuori, all'aperto, sconosciuto, con ciò che sta dentro al paese, all'interno, protetto.

Particolare attenzione è stata data all'utilizzo del colore che è stato considerato un valore aggiunto. Sono state considerate le infinite sfumature di cui la luce è composta. Nel progetto si è cercato di utilizzare uno specifico colore e non un qualsiasi colore per comunicare una precisa emozione, tenendo presente alcune reazioni che sono ritenute universali da parte degli individui, i così detti "effetti cromatici" che vanno a coinvolgere lo stato psicofisico e le sensazioni di temperatura e distanza.

Sono state utilizzate tre tipologie di lampade.

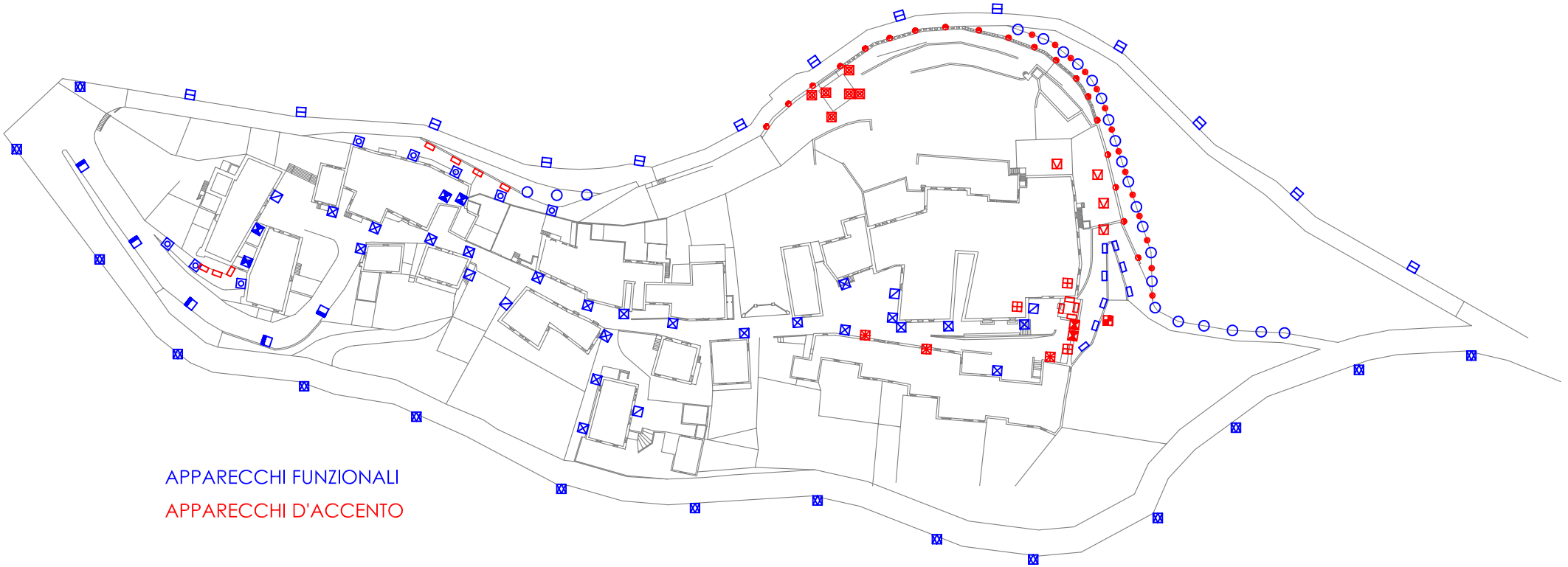
Per l'illuminazione funzionale, ad eccezione dell'ultimo tratto del percorso pedonale che accompagna a Porta Nuova (dove sono state utilizzate lampade fluorescenti), sono state scelte lampade ai vapori di sodio ad alta pressione sfruttando la temperatura di colore di 2000° Kelvin per rendere l'atmosfera calda e accogliente.

In particolare per via Martini, la strada principale, si è sfruttato il fatto che la luce di colore caldo tende ad ammorbidire, a mascherare e a cancellare più efficacemente macchie o difetti presenti nei prospetti.

La scelta di questo tipo di sorgente luminosa si è accompagnata perfettamente con la decisione di sfruttare al massimo la presenza di un variatore di flusso.

Per l'illuminazione d'accento sui percorsi pedonali sono state utilizzate lampade fluorescenti, con una temperatura di colore di 3000° K, con l'intenzione di sottolineare la presenza di alcuni tratti viari che rimangono celati durante le ore diurne e volendo sollecitare le diverse sensazioni che possono derivare dalla presenza di un color bianco freddo che si scontra con un caldo giallo dorato.

Per l'illuminazione d'accento della torre campanaria e del castello sono state scelte lampade agli ioduri metallici, che emettono luce più fredda data la componente blu bianca, ed hanno la caratteristica di mettere con più precisione a fuoco gli oggetti facendo risaltare i dettagli e rendendo ciò che si sta illuminando ben visibile anche da molto lontano.

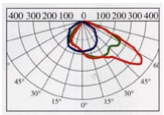
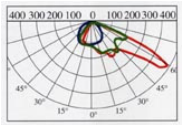
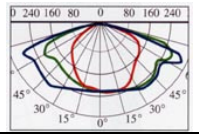
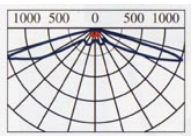


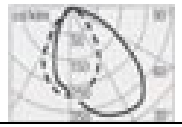
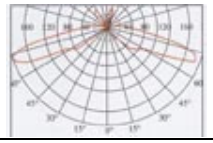
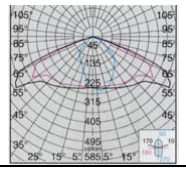
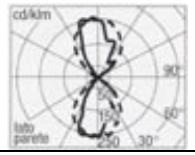
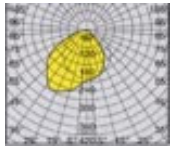
APPARECCHI FUNZIONALI

APPARECCHI D'ACCENTO

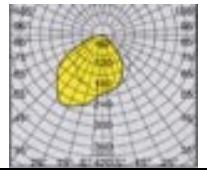
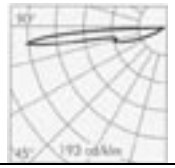
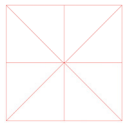
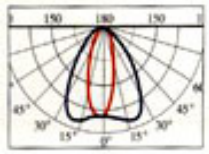
**Tabella 6.1.1** ***RIFERIMENTO APPARECCHI DI PROGETTO***

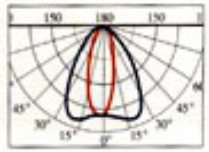
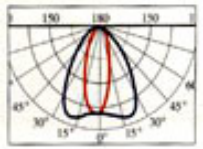
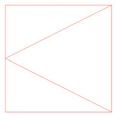
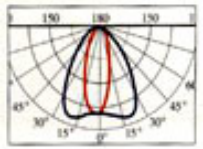
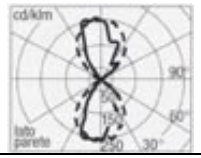
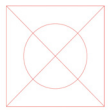
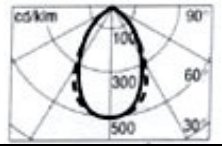
## Funzionali

| Simbolo | N° | Marca-Modello | Ottica | Lampada-Attacco | Potenza-Flusso luminoso | Eff. Lum. | Temperat. Colore K | Classe isolamento | IP | Costo (comprensivo di lampada) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 23 | Ruud - Square Mini | MAC 507  | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 335 |
| | 4 | Ruud - Square Medi | 16AC 510  | HPS – E40 | 100W - 10000 lm | 100 lm/W | 2000 | II | 65 | € 420 |
| | 5 | Ruud - Square Mini | MPR 507  | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 373 + palo 5 mt € 384 |
| | 13 | Ruud - Square Mini | MSL 507  | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 398 + palo 4 mt € 384 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9 | Castaldi - Egeo | D02/AS-MH70  | NAV TS – Rx7s | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 370 |
| | 23 | Ruud - Round Bollard | HC505  | HPS – T38 | 50W - 4500 lm | 90 lm/W | 2000 | II | 65 | € 515 |
| | 13 | Disano - Minitonale | 1651  | SAP-T – E27 | 100W - 10000 lm | 100 lm/W | 2000 | II | 667 | € 230<br>+<br>palo 8 mt<br>€ 250 |
| | 4 | Castaldi - Duplo | D21/WMH70  | NAV TS – Rx7s | 70w - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 430 |
| | 8 | Disano - Sicura | 1725  | T5 – G5 | FL54W - 5000 lm | 93 lm/W | 3000 | II | 657 | € 282 |

# Accento

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 11 | Disano - Sicura | 1725  | T5 – G5 | FL54W - 5000 lm | 93 lm/W | 3000 | II | 657 | € 282 |
| | 20 | iGuzzini – Light up | Walk – 4195 | NAV TS – Rx7s | 70W – 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 679 | € 580 |
| | 14 | Simes - Reef | 5236  | HIT TC CRI – G8,5 | 35W - 3300 lm | 94 lm/W | 3000 | II | 65 | € 480 |
|  | 3 | Ruud - Square Mini | MPM - 507  | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 315 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 3 | Ruud - Square Mini | MPM - 410  | CMH – E27 | 100W - 9200 lm | 92 lm/W | 3000 | II | 65 | € 367 |
| | 1 | Ruud - Square Medi | 16PM - 525  | CMH – E40 | 250W - 25000 lm | 100 lm/W | 3000 | II | 65 | € 541 |
|  | 4 | Ruud - Square Medi | 16FS – 525  | CMH – E40 | 250W - 25000 lm | 100 lm/W | 3000 | II | 65 | € 517 |
| | 2 | Castaldi - Duplo | D21/WMH70  | NAV TS – Rx7s | 70w - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 430 |
|  | 6 | Castaldi - Egeo | D02/R-MH70  | NAV TS – Rx7s | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 370 |

## 3ds MAX7

Una delle prerogative che sono sempre state alla base di questa tesi, è stata quella di volersi approcciare alla progettazione di illuminazione per esterni, non per parti, che poi rischiavano di rimanere scollegate tra di loro, ma cercando di avere una visione globale per portare avanti un filo conduttore, giocando con la luce per produrre ritmo, suscitare sensazioni, creare delle gerarchie, facendo però in modo che alla fine fosse possibile una lettura unitaria del piano elaborato.

Grazie al rilievo cartaceo del paese, che è stato gentilmente fornito da parte dell'Arch. Damiani dell'Ufficio Tecnico del Comune di Massa e Cozzile, è stato possibile attraverso l'utilizzo del Programma di disegno e rendering Autocad, ricostruire il modello tridimensionale del paese e seguendo le sezioni anche l'andamento del terreno.

Una ricostruzione che ha accompagnato tutta la fase dell'analisi, ed ha permesso così di avvicinarsi ancor di più al paese e a tutte le sue problematiche.

Il modello così realizzato è stato poi importato nel programma di modellazione e calcolo 3ds MAX7, che ha inglobato Lightscape anch'esso programma di modellazione e progettazione illuminotecnica.

E' stato così possibile non solo applicare le classiche texture al modello, ma sono stati anche assegnati i valori di riflessione considerati per ogni superficie presente sulla scena.

Con l'utilizzo delle luci fotometriche, importando le varie ottiche scelte per il progetto sotto forma di file in formato ies, forniti direttamente dalle case produttrici di apparecchi, è stato possibile ricreare uno scenario il più fedelmente possibile vicino alla realtà di come sarebbe la realizzazione del progetto.

## Puntamento apparecchi

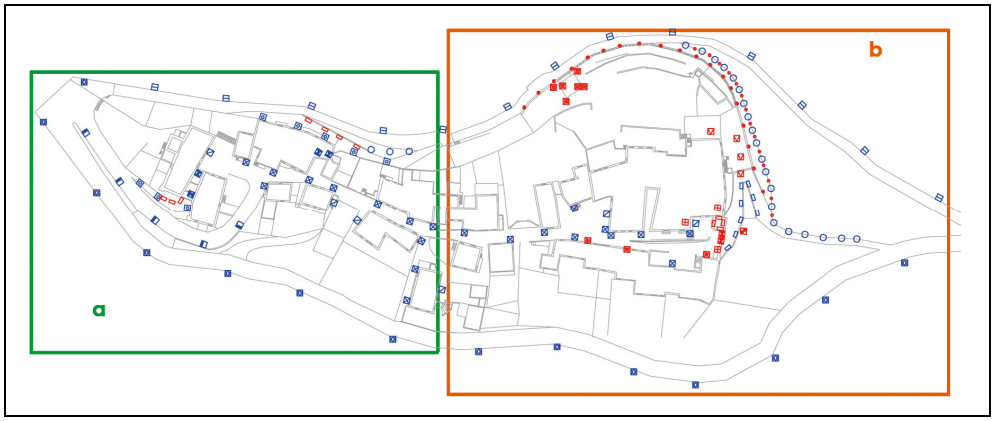



***Fig. 6.3.1*** *Suddivisione planimetria.*

Di seguito vengono inserite delle immagini realizzate con il programma 3ds MAX7 per indicare il puntamento degli apparecchi.

Per migliorare la visualizzazione gli edifici sono stati colorati di rosso.

L'illuminazione funzionale è raffigurata con le ottiche di color giallo.

L'illuminazione d'accento è raffigurata con le ottiche di color bianco.

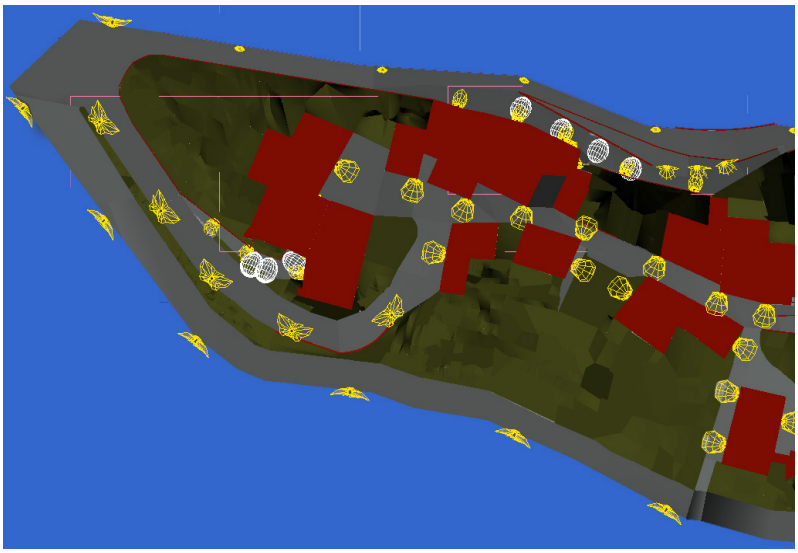


***Fig. 6.3.2*** *Planimetria parte a (Fig. 6.3.1).*

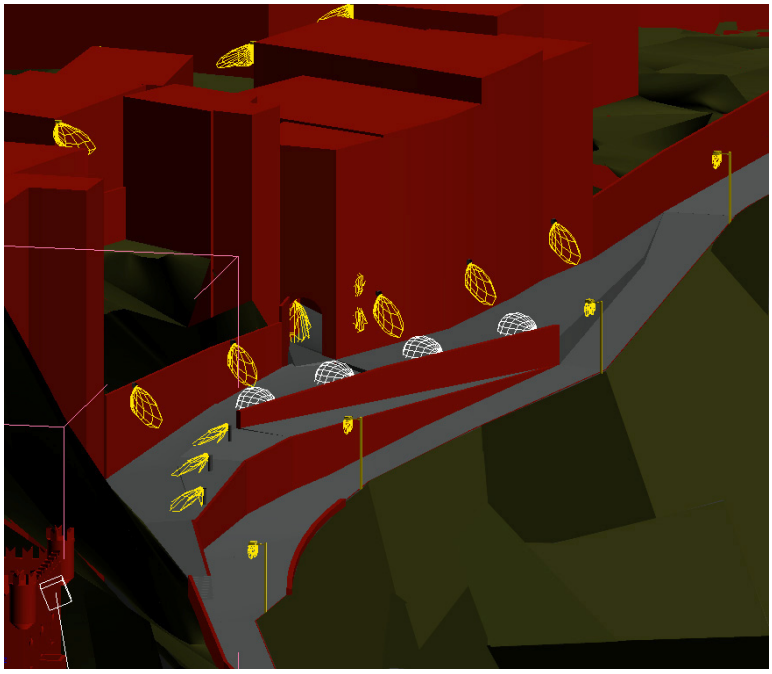


***Fig. 6.3.3*** *Particolare tratto Porta a Massa*

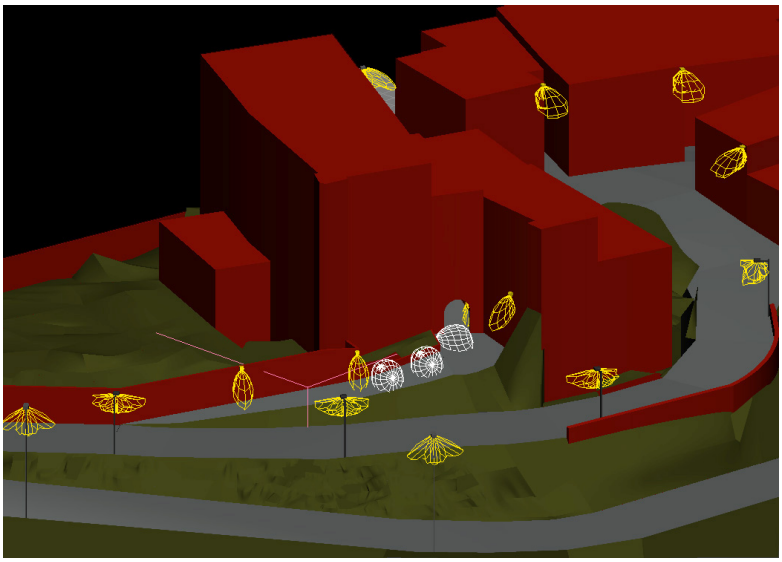


***Fig. 6.3.4*** *Particolare tratto Porta Vecchia.*

***Fig. 6.3.4*** *Planimetria parte b (Fig. 6.3.1)*

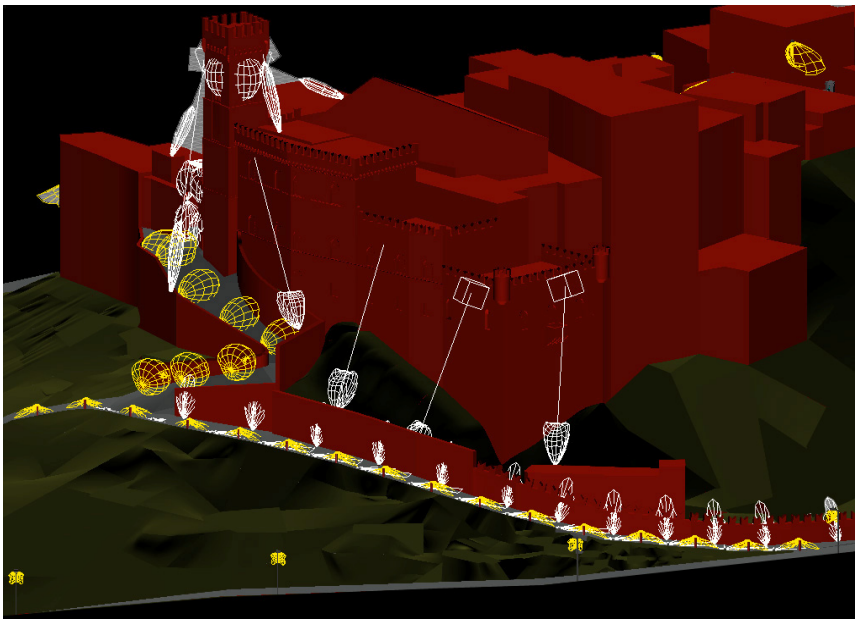


***Fig. 6.3.5*** *Particolare percorso pedonale che accompagna al Castello De Gubernatis*

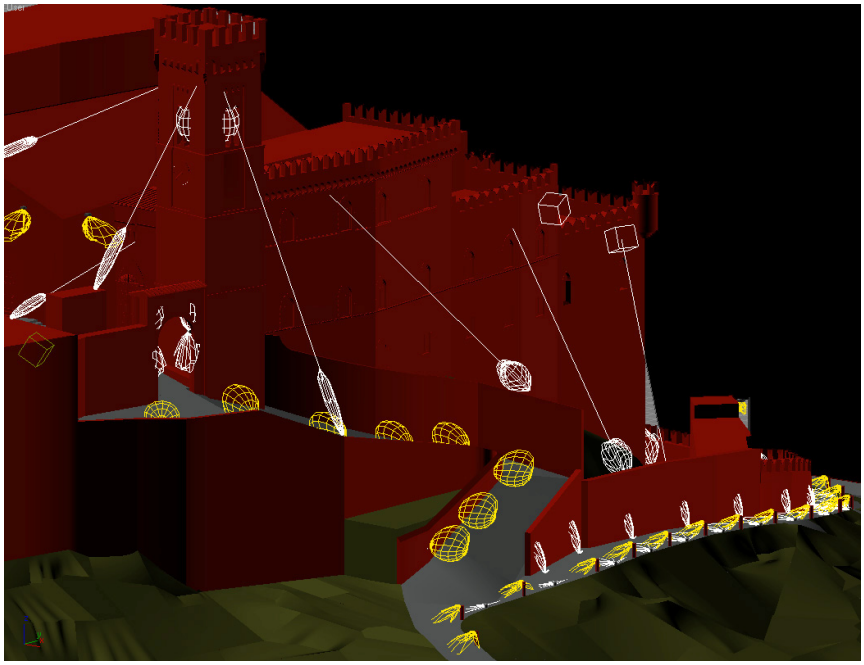


***Fig. 6.3.6*** *Particolare sul Castello DE Gubernatis e Porta Nuova*

## Lighting Analisis: Pseudo Color

Per permettere al computer di eseguire correttamente i calcoli sull'illuminamento , è stato necessario suddividere in parti il progetto.

Per elaborare il Radiosity si è impostato una Meshing size di 100 cm.

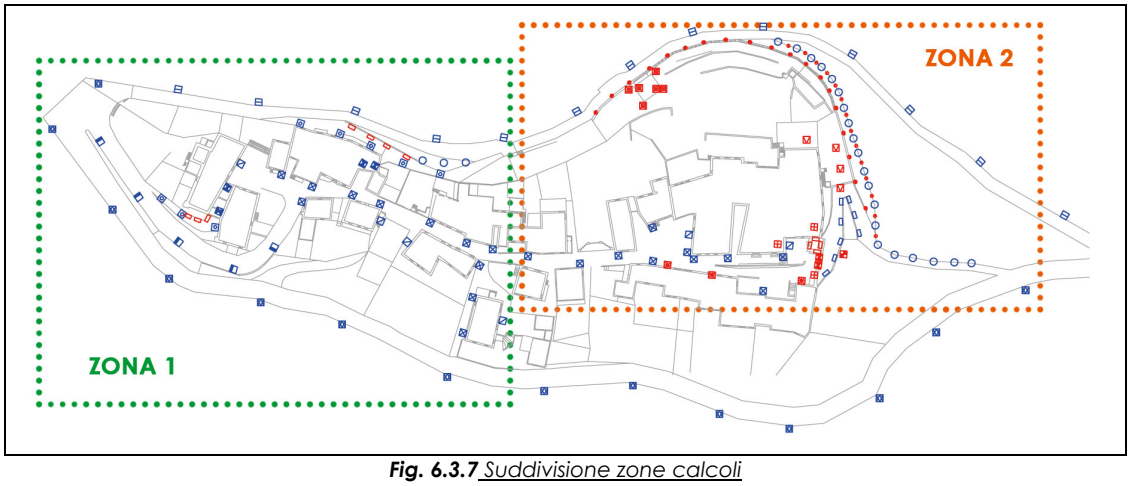



***Fig. 6.3.7*** *Suddivisione zone calcoli*

Di seguito si riportano alcune immagini riferite ai calcoli eseguiti per l'illuminazione funzionale.

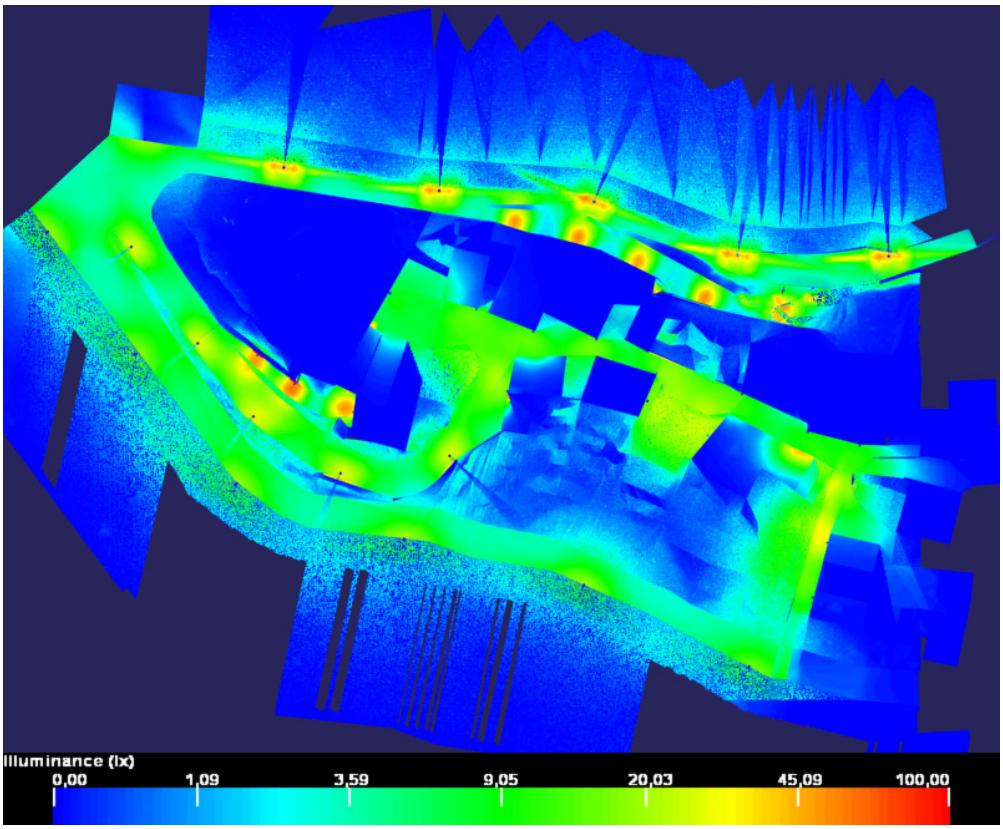



**Fig. 6.3.8** *Pianta zona 1 (Fig. 6.3.7)*

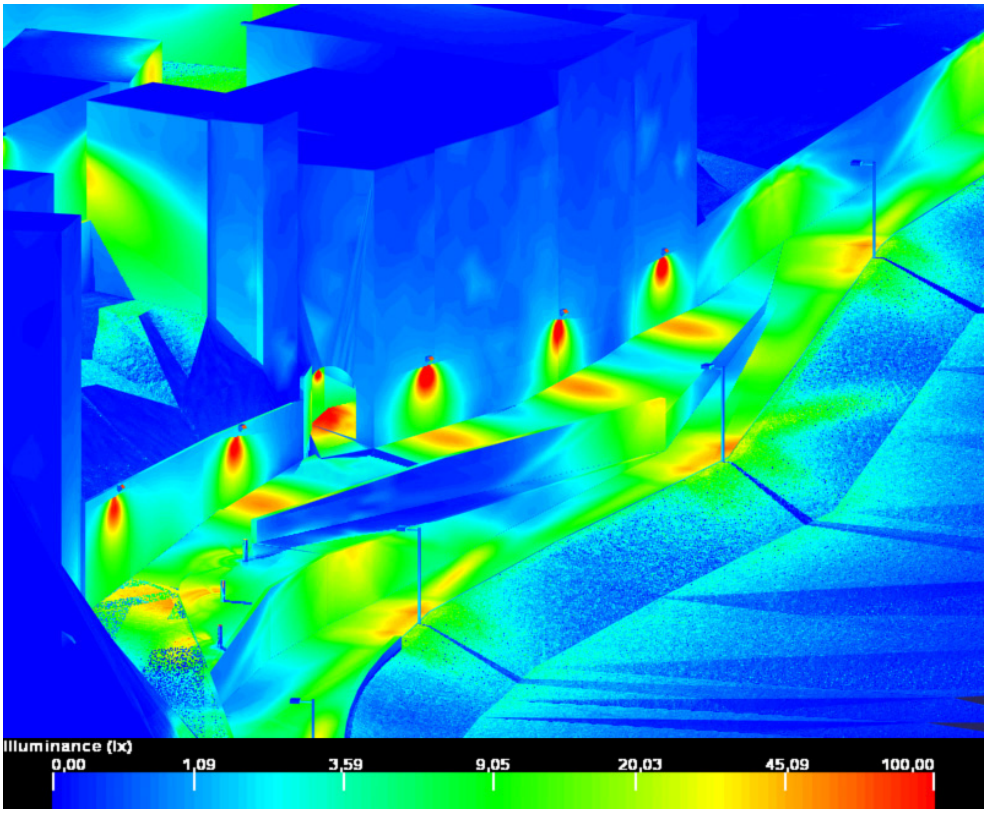



***Fig. 6.3.9*** *Tratto Porta a Massa*

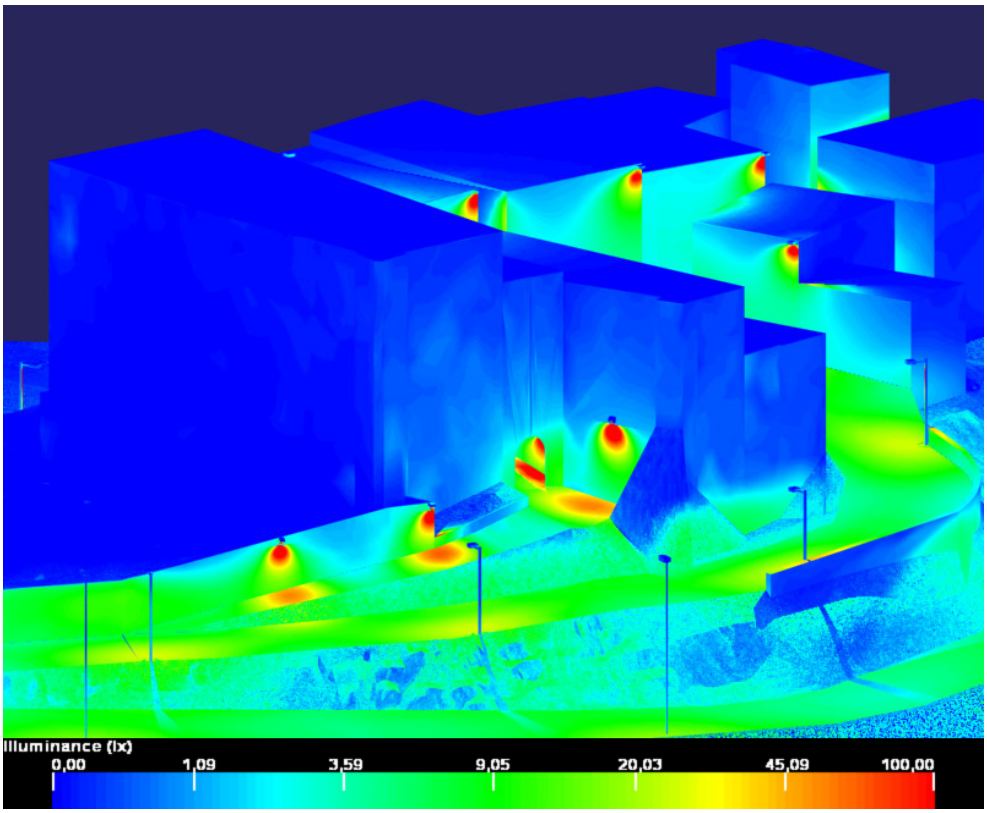



***Fig. 6.3.10*** *Tratto Porta Vecchia*

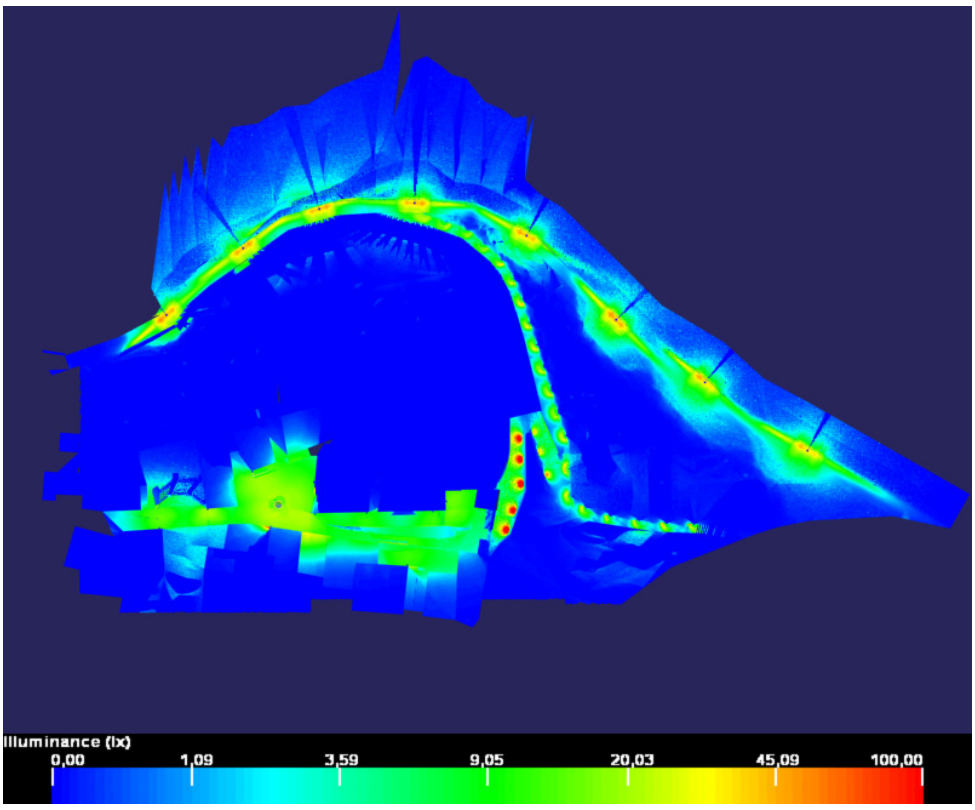



***Fig. 6.3.11*** *Pianta zona 2 (Fig. 6.3.7)*

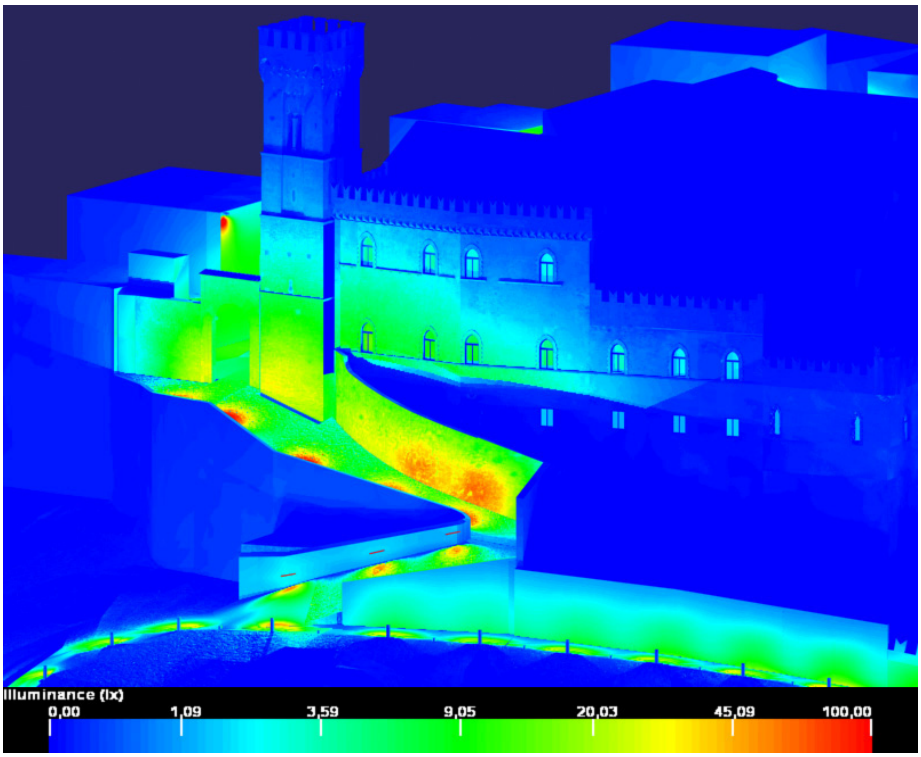



***Fig. 6.3.12*** *Particolare percorso pedonale tratto Castello DE Gubernatis-Porta Nuova*

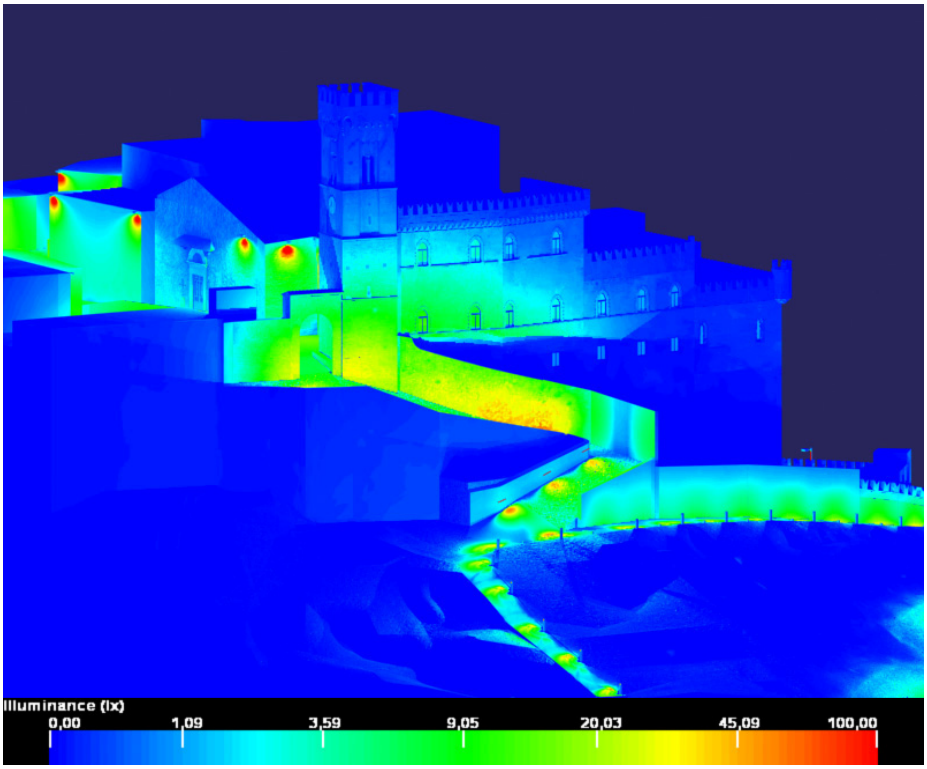



***Fig. 6.3.13*** *Particolare percorso pedonale tratto Castello DE Gubernatis-Porta Nuova*

## Risultati Calcoli sulla provinciale

Seguendo lo stesso procedimento adottato per l'analisi, sono stati eseguiti i calcoli con il programma di Litestar per assicurarsi che i valori della luminanza fossero adeguati ai requisiti illuminotecnici richiesti dalla normativa (Tab. 5.3.3 - Tab. 6.3.1).

E' stato anche necessario utilizzare il programma DLux della Disano per ricavare il valore relativo al TI (Fig. 6.3.4,5).

***Tabella 6.3.1*** *Risultati calcoli Progetto Provinciale eseguiti con Litestar*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **SUOLO** | **ILLUMINAMENTO ORIZZONTALE (LUX)** | **E Med** 19 | **E Min** 5 | **E Max** 45 | **U Med (Min/Med)** 0,26 | **U Min (Min/Max)** 0,11 | **U Max (Med/Max)** 0,43 |
| **SUOLO** | **LUMINANZA (cd/m²)** | **L Med** 1 | **L Min** 0,5 | **L Max** 1,8 | **U Med (Min/Med)** 0,47 | **U Min (Min/Max)** 0,26 | **U Max (Med/Max)** 0,54 |

**Rn**= 0,0%

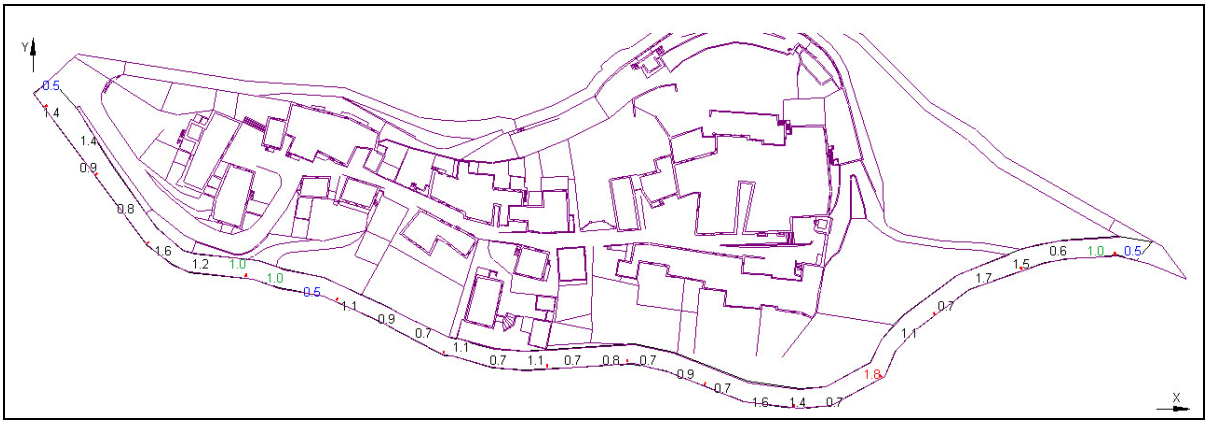


***Fig. 6.3.1*** *Valori della luminanza al suolo, relativi ai calcoli eseguiti con Litestar*

***Fig. 6.3.2*** *Curve isolux luminanza al suolo, relative ai calcoli eseguiti con Litestar.*

***Fig. 6.3.3*** *Spot illuminamenti al suolo, relativi ai calcoli eseguiti con il programma Litestar.*

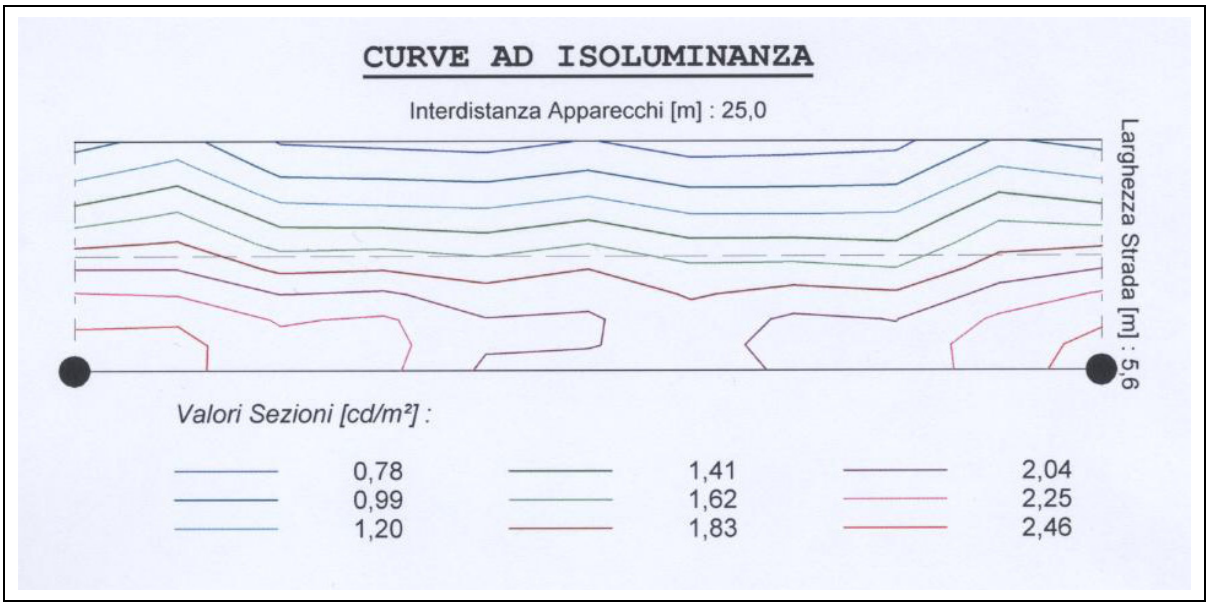



***Fig. 6.3.4*** *Curve isolux relative al calcoli del TI ricavate con il Programma di calcolo illuminotecnica DLux.*

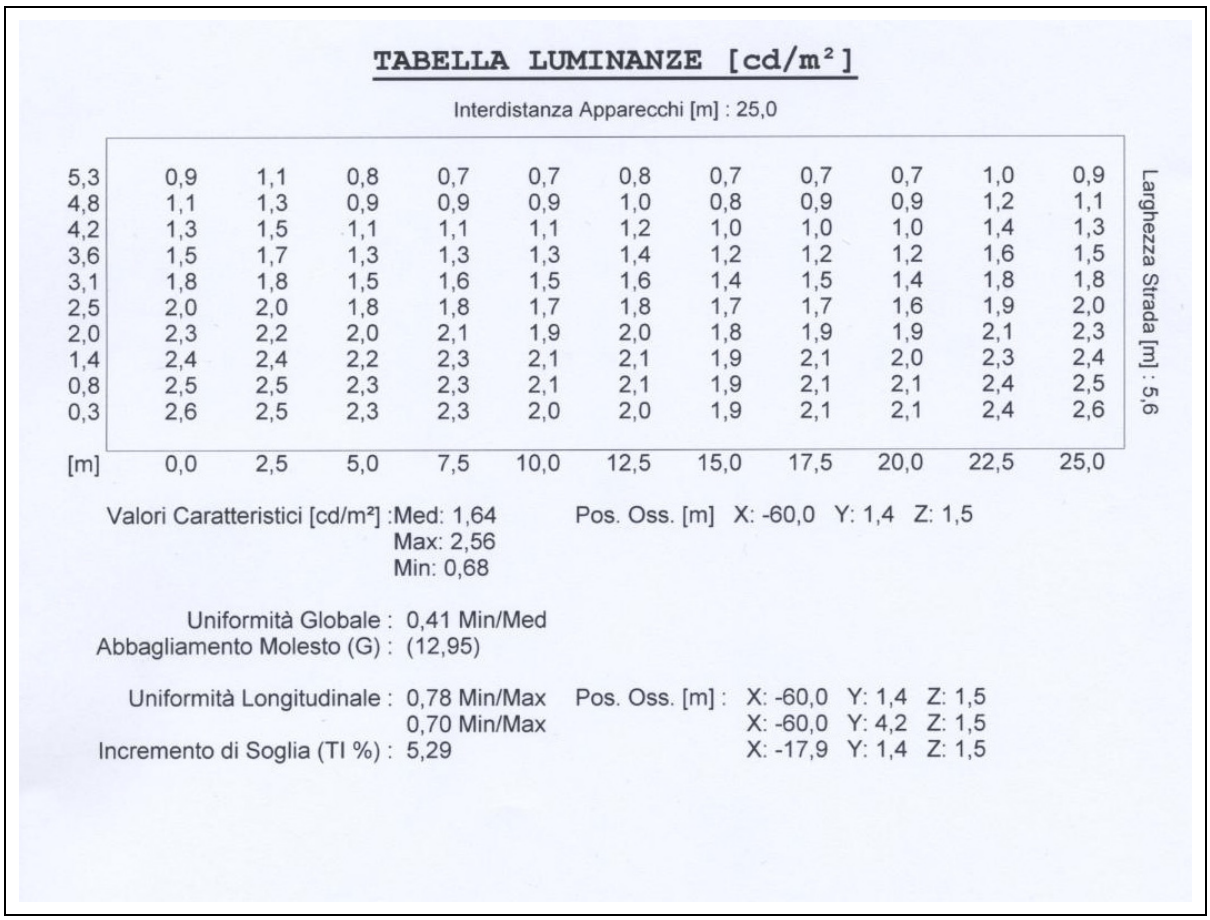


**TABELLA LUMINANZE [cd/m²]**

Interdistanza Apparecchi [m] : 25,0

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,3 | 0,9 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,9 |
| 4,8 | 1,1 | 1,3 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 1,2 | 1,1 |
| 4,2 | 1,3 | 1,5 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,4 | 1,3 |
| 3,6 | 1,5 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,6 | 1,5 |
| 3,1 | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,6 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,8 | 1,8 |
| 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,9 | 2,0 |
| 2,0 | 2,3 | 2,2 | 2,0 | 2,1 | 1,9 | 2,0 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2,3 |
| 1,4 | 2,4 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,3 | 2,4 |
| 0,8 | 2,5 | 2,5 | 2,3 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 2,5 |
| 0,3 | 2,6 | 2,5 | 2,3 | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 1,9 | 2,1 | 2,1 | 2,4 | 2,6 |
| [m] | 0,0 | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 | 17,5 | 20,0 | 22,5 | 25,0 |

Larghezza Strada [m] : 5,6

Valori Caratteristici [cd/m²] : Med: 1,64 Max: 2,56 Min: 0,68

Pos. Oss. [m] X: -60,0 Y: 1,4 Z: 1,5

Uniformità Globale : 0,41 Min/Med

Abbagliamento Molesto (G) : (12,95)

Uniformità Longitudinale : 0,78 Min/Max

0,70 Min/Max

Incremento di Soglia (TI %) : 5,29

Pos. Oss. [m] : X: -60,0 Y: 1,4 Z: 1,5

X: -60,0 Y: 4,2 Z: 1,5

X: -17,9 Y: 1,4 Z: 1,5

***Fig. 6.3.5*** *Tabella ottenuta con il programma DLux per il calcolo del TI sulla Provinciale.*

# 7- ASPETTI TECNICI

## *7.1- Potenza installata*

Considerati tutti gli apparecchi di progetto e le relative potenze, in base alla tipologia della lampada e consultando i dati forniti dalla guida blu di Tuttonormel,[30] è stato calcolato l'assorbimento totale dell'impianto.

| Q.tà corpi | Tipologia | Potenza nominale (W) | Assorbimento (W) | Tot. Assorbimento (KW) |
|---|---|---|---|---|
| 14 | alogenuri | 35 | 43 | **0.60** |
| 23 | sodio | 50 | 60 | **1.38** |
| 27 | fluorescente | 54 | 65 | **1.76** |
| 85 | sodio | 70 | 87 | **7.40** |
| 3 | alogenuri | 100 | 118 | **0.35** |
| 5 | alogenuri | 250 | 277 | **1.39** |
| | | | | **12.87** |

## *7.2- Costo componenti*

Di seguito sono riportati i costi relativi alle apparecchiature previste nel progetto.

I prezzi inseriti in tabella sono riferiti al Listino prezzi delle case produttrici, per avere il costo reale bisogna considerare una decurtazione del 30%, soldi che solitamente vanno a coprire le spese del montaggio.

[30] Vedi Appendice B

## TABELLA RIFERIMENTO APPARECCHI DI PROGETTO

| N° | Marca-Modello | Ottica | Lampada-Attacco | Potenza-Flusso luminoso | Eff. Lum. | Temp. Colore K | Classe isolamento | IP | Costo cd. (comprensivo di lampada) | Costo Tot. (comprensivo di lampada) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | Ruud - Square Mini | MAC 507 | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 335 | € 7.705 |
| 4 | Ruud - Square Medi | 16AC 510 | HPS – E40 | 100W - 10000 lm | 100 lm/W | 2000 | II | 65 | € 420 | € 1.680 |
| 5 | Ruud - Square Mini | MPR 507 | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 757 | € 3.785 |
| 13 | Ruud - Square Mini | MSL 507 | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 782 | € 10.166 |
| 8 | Castaldi - Egeo | D02/AS-MH70 | NAV TS – Rx7s | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 370 | € 2.960 |
| 23 | Ruud - Round Bollard | HC505 | HPS – T38 | 50W - 4500 lm | 90 lm/W | 2000 | II | 65 | € 515 | € 11.845 |
| 13 | Disano - Minitonale | 1651 | SAP-T – E27 | 100W - 10000 lm | 100 lm/W | 2000 | II | 667 | € 480 | € 6.240 |
| 4 | Castaldi - Duplo | D21/WMH70 | NAV TS – Rx7s | 70w - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 430 | € 1.720 |
| 19 | Disano - Sicura | 1725 | T5 – G5 | FL54W - 5000 lm | 93 lm/W | 3000 | II | 657 | € 282 | € 5.358 |
| 20 | iGuzzini – Light up | Walk – 4195 | NAV TS – Rx7s | 70W – 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 679 | € 580 | € 11.600 |
| 14 | Simes - Reef | 5236 | HIT TC CRI – G8,5 | 35W - 3300 lm | 94 lm/W | 3000 | II | 65 | € 480 | € 6.720 |
| 3 | Ruud - Square Mini | MPM - 507 | HPS – E27 | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 315 | € 945 |
| 3 | Ruud - Square Mini | MPM - 410 | CMH – E27 | 100W - 9200 lm | 92 lm/W | 3000 | II | 65 | € 367 | € 1.101 |
| 1 | Ruud - Square Medi | 16PM - 525 | CMH – E40 | 250W - 25000 lm | 100 lm/W | 3000 | II | 65 | € 541 | € 541 |
| 4 | Ruud - Square Medi | 16FS – 525 | CMH – E40 | 250W - 25000 lm | 100 lm/W | 3000 | II | 65 | € 517 | € 2.068 |
| 2 | Castaldi - Duplo | D21/WMH70 | NAV TS – Rx7s | 70w - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 430 | € 860 |
| 6 | Castaldi - Egeo | D02/R-MH70 | NAV TS – Rx7s | 70W - 6800 lm | 97 lm/W | 2000 | II | 65 | € 370 | € 2.220 |
| | | | | | | | | | | **€ 77.514** |

## *7.3- Indicazioni di massima per la fase esecutiva*

### Posizione del contatore e del quadro elettrico generale.

La maggior parte dei corpi illuminanti si trova nella zona a sud. Per questo motivo si ritiene opportuno che il contatore e il quadro elettrico generale vengano collocati nelle vicinanze di quest'area.

### Suddivisione delle linee di alimentazione dell'impianto.

Considerando la possibilità di utilizzare l'impianto, oltre che per l'illuminazione funzionale anche per l'illuminazione di accento, quindi sia durante le normali ore notturne che in occasione di eventi straordinari, si propone la suddivisione delle linee secondo il prospetto di pag. 113.

SI trovano sotto il variatore di flusso tutte linee funzionali: la linea ovest che serve gli apparecchi della provinciale, la linea centrale che serve via Martini, la linea est che serve via della circonvallazione e il percorso pedonale che sale fino al castello.

Una linea funzionale a parte è necessaria per le sorgenti a fluorescenza che servono l'ultimo tratto fino a Porta Nuova perché non possono essere regolate con il variatore di flusso.

Per le linee d'accento sono state considerate due possibilità da gestire a discrezione del comune.

- La linea gialla, che serve il castello, la torre campanaria e la Porta Nuova;
- la linea arancione, che serve l'accesso alle proprietà del castello, il percorso pedonale vicino, il pozzo e la chiesa.

## Perché il regolatore di flusso.

Le statistiche dimostrano che nonostante durante la notte diminuisca il numero di autoveicoli che percorrono vie, strade e piazze nelle nostre città, aumentano gli incidenti gravi. Questo è dovuto a causa della maggiore pericolosità delle condizioni di guida in assenza di luce naturale.

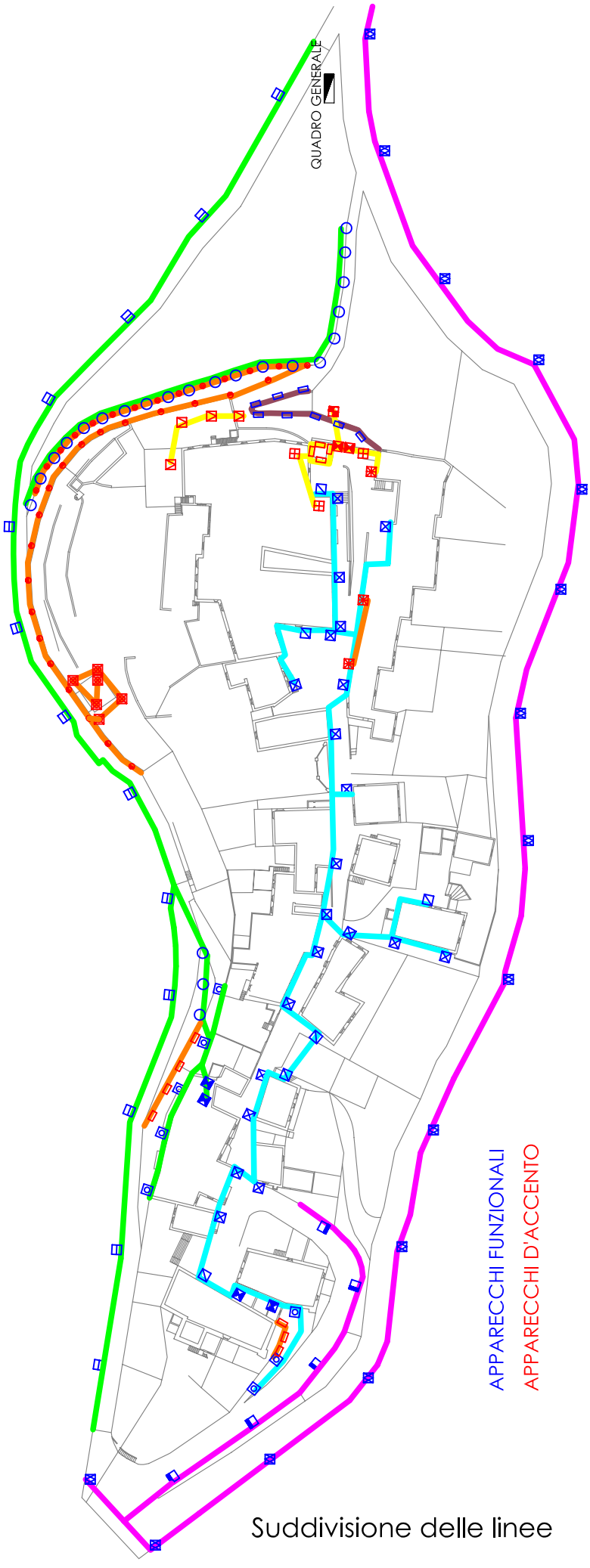
Dobbiamo considerare che nella stagione invernale i volumi di traffico aumentano nelle ore del tardo pomeriggio, il rientro dal lavoro avviene quando il sole è già tramontato.

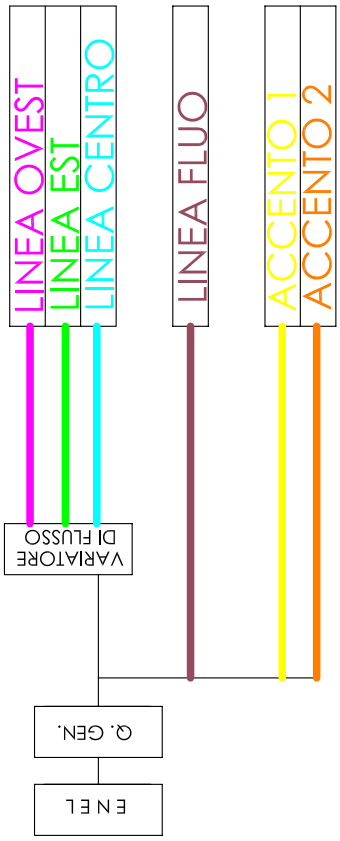
E' necessario dotare i sistemi viari di impianti efficienti di illuminazione proporzionalmente alla quantità di veicoli che transitano e alla pericolosità. E' anche vero che ricerche sull'illuminazione stradale extra-urbana hanno dimostrato che l'eccesso di luce sulle carreggiate induce gli automobilisti ad una guida più veloce: solo una giusta quantità di luce permette di garantire a tutti gli effetti il maggior grado di sicurezza stradale.

Un metodo razionale per migliorare l'utilizzazione dell'impianto è costituito dalla possibilità di variare e stabilizzare la tensione di alimentazione delle sorgenti luminose installate nei proiettori, ovvero l'installazione in corrispondenza del punto di consegna di un regolatore di tensione. Esso permette la riduzione in modo uniforme del livello di illuminazione quando non necessario, mantenendo costante il valore delle luminanze sulla carreggiata, con un risparmio di potenza del 40%.

In questo modo è possibile evitare che lo spegnimento alternato delle fonti di luce, tipico dei vecchi impianti privi dei sistemi di regolazione continua, produca disagi visivi ai conducenti delle autovetture, causati dai continui adattamenti a cui gli occhi sono costretti dal passaggio da zone chiare a zone scure.

Il risparmio energetico si sposa perfettamente con la sicurezza stradale.




Suddivisione delle linee

## Programma di manutenzione

L'impianto è stato pensato con componenti elettrici a doppio isolamento, utilizzando materiali standard e l'installazione è prevista in posizioni raggiungibili con i normali mezzi di manutenzione.

Ai fini della gestione e del corretto funzionamento dell'impianto, occorre considerare che esso necessita di manutenzione, controlli ed interventi per anomalie e guasti. Tali mansioni dovranno essere eseguite da personale specializzato e autorizzato.

Al fine di ridurre le spese di gestione e di manutenzione occorre fare una vera e propria progettazione della manutenzione, considerando preliminarmente che essa deve essere di tipo preventivo, in modo da conservare per la vita prevista (circa venti anni) tutti i componenti nelle condizioni prestazionali iniziali. Pianificare in maniera razionale la sostituzione delle lampade a scadenze prestabilite, un metodo quindi di manutenzione programmata risulta molto più economico rispetto ad una verifica a campione casuale.

### RICAMBIO DELLE LAMPADE E PULIZIA DEGLI APPARECCHI

Considerando una accensione giornaliera di circa 10 ore, viene stimata la durata delle lampade di 4 anni (dati forniti dal costruttore osram), ovviamente il ricambio va considerato in base all'efficienza, non è detto infatti che se una lampada rimane accesa dopo 4 anni garantisca il flusso luminoso necessario.

In occasione del cambio delle lampade dovrà essere effettuata la pulizia degli apparecchi di illuminazione, la sostituzione dell'accenditore, e il controllo della tenuta delle guarnizioni del corpo illuminante.

**PALI E SOSTEGNI**

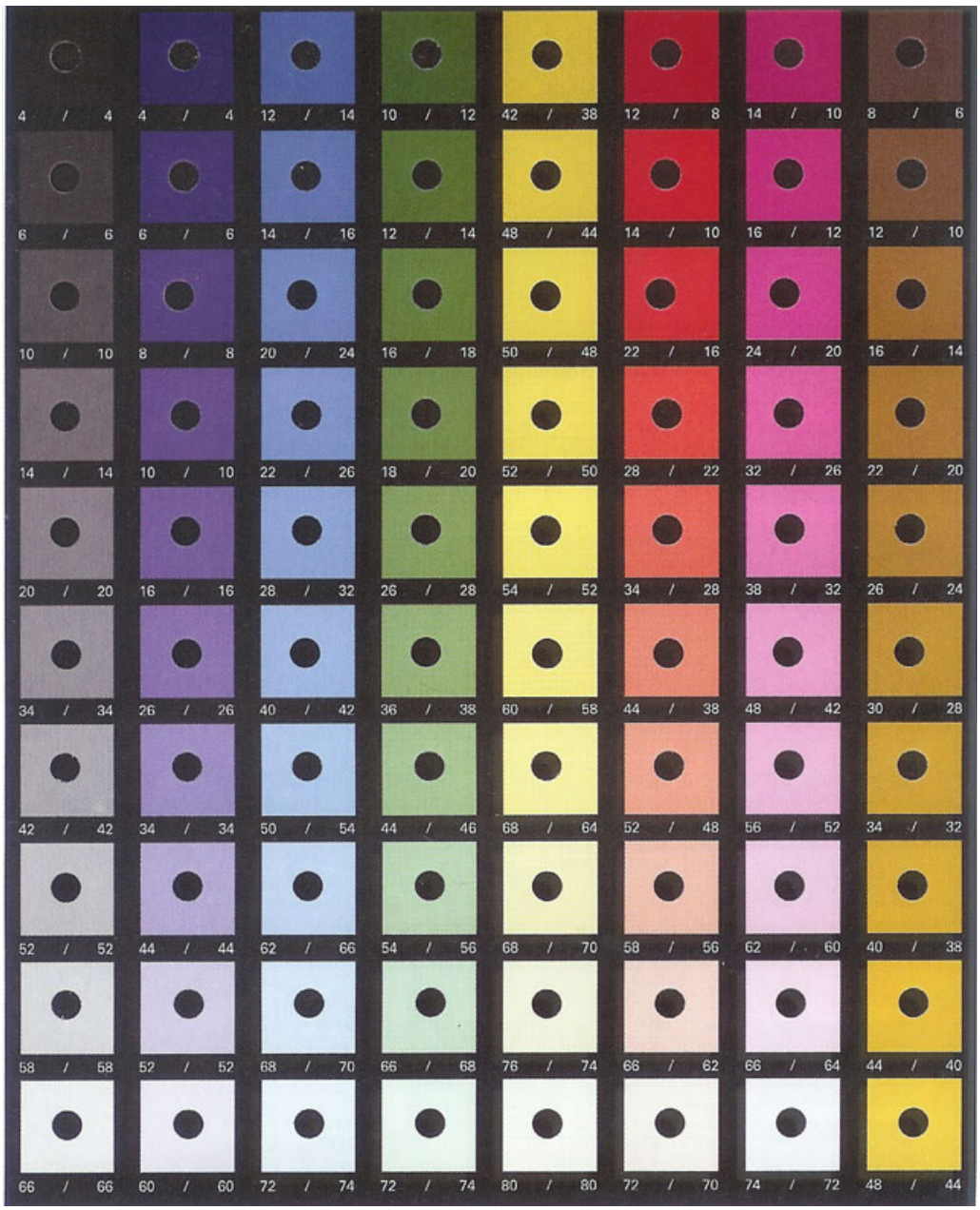
Per quanto riguarda i sostegni e i pali, vanno tenuti in osservazione al fine di provvedere alla verniciatura se necessaria.

In caso di interventi di manutenzione ordinaria e/o straordinaria bisogna utilizzare materiali con caratteristiche tecniche equivalenti a quelli previsti nel progetto. Diversamente occorre valutare la compatibilità con l'intero impianto esistente e va data particolare attenzione al grado di protezione dei componenti e all'isolamento e installare componenti solo a doppio isolamento.

# APPENDICE A

# *A.1- Tabella riflessioni*

## Tabella A.1.1




*Campioni di colori per la valutazione comparata del fattore di riflessione di una superficie.*[31]

[31] Gianni Forcolini, "Lighting", Biblioteca Tecnica Hoepli, Milano 2005 pag.535

## Tabella A.1.2

| **RIFLESSIONE DIFFUSA** | |
|---|---|
| **Tipi di superficie** | **Fattore di riflessione $\rho$** |
| intonaco bianco | 0,80-0,70 |
| laterizio | 0,25-0,05 |
| calcestruzzo | 0,40-0,15 |
| legname chiaro | 0,30-0,20 |
| legname scuro | 0,20-0,05 |
| piastrelle per pavimenti | 0,60-0,10 |

| **RIFLESSIONE MISTA** | |
|---|---|
| **Tipi di superficie** | **Fattore di riflessione $\rho$** |
| vernice a smalto bianca | 0,90-0,70 |
| alluminio lucidato e brillantato | 0,95-0,85 |
| alluminio satinato | 0,85-0,70 |
| alluminio spazzolato | 0,60-0,55 |
| cromo satinato | 0,55-0,50 |
| rame lucidato | 0,45-0,40 |
| carta lucida bianca | 0,80-0,70 |

| **RIFLESSIONE DIFFUSA** | | | |
|---|---|---|---|
| **Tonalità di colore e fattore di riflessione $\rho$** | | **Tonalità di colore e fattore di riflessione $\rho$** | |
| bianco | 0,90-0,75 | blu scuro | 0,10-0,05 |
| avorio | 0,85-0,80 | verde | 0,10-0,05 |
| crema | 0,80-0,70 | marrone | 0,15-0,05 |
| rosa | 0,60-0,45 | rosso scuro | 0,10-0,05 |
| arancio | 0,60-0,40 | grigio chiaro | 0,40-0,15 |
| giallo chiaro | 0,70-0,60 | grigio scuro | 0,15-0,05 |
| verde chiaro | 0,50-0,40 | nero | 0,04-0,01 |
| azzurro chiaro | 0,45-0,40 | | |

| **TRASMISSIONE REGOLARE E DIFFUSA** | |
|---|---|
| **Materiale** | **Fattore di trasmissione $\tau$** |
| vetro trasparente | 0,90-0,80 |
| vetro acidato | 0,85-0,70 |
| vetro opalino | 0,60-0,20 |
| metacrilato trasparente | 0,90-0,80 |
| metacrilato opalino | 0,60-0,20 |
| alabastro (lastra sottile) | 0,50-0,20 |
| marmo (lastra sottile) | 0,30-0,05 |

*Fattori di riflessione e di trasmissione della luce per diversi tipi di materiali.*[32]

[32] Gianni Forcolini, "Lighting", Biblioteca Tecnica Hoepli, Milano 2005 pag.457

## Tabella A.1.3

**FATTORI DI RIFLESSIONE**

Valori medi percentuali presentati sotto la luce naturale (illuminante C della CIE).

| MATERIALE | |
|---|---|
| - SPECULARE | |
| vetro specchiato | 80-99 |
| plastica | 75-97 |
| alluminio anodizzato | 75-95 |
| alluminio lucidato | 60-70 |
| cromo | 60 |
| acciaio inox | 55-65 |
| - SEMI DIFFONDENTE | |
| alluminio trattato | 70-80 |
| cromo satinato | 50-55 |
| vernice all'alluminio | 60-70 |
| - DIFFONDENTI | |
| vernice bianca | 75-90 |
| gesso bianco | 90-92 |
| smalto porcellanato | 65-90 |
| calcare | 35-65 |
| cemento | 25 |
| calcestruzzo | 40 |
| - ALTRI MATERIALI | |
| terracotta bianca | 65-80 |
| marmo (bianco) | 45 |
| vetro chiaro | 7 |
| vetro riflettente | 20-30 |
| vetro tinto | 7 |
| erba | 6-10 |
| vegetazione | 25 |
| - COLORI | |
| bianco | 90 |
| nero | 1 |
| porpora carica | 15 |
| arancione intenso | 35 |
| rosso scuro | 2 |
| roso carico | 10 |
| grigio medio | 25 |
| blu carico | 10 |
| blu pallido | 30 |
| blu molto tenue | 55 |
| giallo moderato | 55 |
| giallo brillante | 65 |
| giallo pallido | 75 |
| violetto carico | 10 |
| rosa profondo | 30 |
| verde oliva scuro | 4 |
| verde intenso | 20 |
| verde brillante | 30 |

*Valori medi percentuali di riflessione.*[33]

[33] AV, "Manuale di illuminotecnica", iGuzzini Progetti di illuminazione, Ancona 1992

## Tabella A.1.4

| | |
|---|---|
| Materiali che danno riflessione speculare: | |
| • argento | (92% di luce riflessa); |
| • vetro argentato | (80-90% di luce riflessa); |
| • alluminio brillantato | (75-85% di luce riflessa); |
| • alluminio lucido e cromo | (60-70% di luce riflessa); |
| • acciaio inossidabile | (55-65% di luce riflessa). |
| Materiali che danno riflessione diffusa: | |
| • intonaco a gesso | (80-90% di luce riflessa); |
| • acero e legni simili | (50-60% di luce riflessa); |
| • calcestruzzo | (15-40% di luce riflessa); |
| • mattoni | (5-25% di luce riflessa). |
| Materiali che danno riflessione mista: | |
| • smalto bianco | (70-90% di luce riflessa); |
| • alluminio satinato | (70-90% di luce riflessa); |
| • alluminio spazzolato | (55-60% di luce riflessa); |
| • cromo satinato | (50-55% di luce riflessa). |

*Percentuale di riflessione di alcuni materiali.*[34]

[34] Donatella Ravizza, "Progettare con la Luce", FrancoAngeli, Milano 2003 pag 22, 23, 24.

## Tabella A.1.5

| Materiale | Illuminamento approssimato in funzione della luminanza ambientale [lx] | | | Sorgente luminosa fattori moltiplicativi di correzione | | | | Condizioni della superficie fattori moltiplicativi di correzione | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | bassa | media | alta | mercurio non corretto | mercurio corretto e a vapori di alogenuri (val. appros.) | sodio alta pressione (valori appros.) | sodio bassa pressione | abbast. pulita | abbast. sporca | sporca | molto sporco |
| Pietra chiara | 20 | 30 | 60 | 1,1 | 1,4 | 0,90 | 0,95 | 1,2 | 3 | 6 | 10 |
| Pietra media | 40 | 60 | 120 | 1,1 | 1,1 | 1,00 | 0,85 | 1,1 | 2,4 | 5 | 8 |
| Pietra scura | 100 | 150 | 300 | 1,1 | 1,0 | 1,10 | 1,00 | | | | |
| Mattone | | | | | | | | | | | |
| - cuoio chiaro | 35 | 50 | 100 | 1,1 | 1,1 | 1,00 | 0,9 | 1,1 | 2,4 | 5 | 8 |
| - cuoio dorato | 40 | 60 | 120 | 1,1 | 1,1 | 0,90 | 1,1 | 1,1 | 2 | 4 | 7 |
| - terra cotta | 55 | 80 | 160 | 1,2 | 1,2 | 0,90 | 0,9 | 1,1 | 2 | 4 | 6 |
| - rosso | 100 | 150 | 300 | 1,25 | 1,3 | 0,95 | 1,0 | 1,1 | 1,8 | 3 | 5 |
| - rosso scuro | 120 | 180 | 360 | 1,25 | 1,3 | 1,00 | 1,2 | 1,1 | 1,6 | 2 | 4 |
| Calcestruzzo architettonico | 60 | 100 | 200 | 1,3 | | 1,2 | | 1,5 | | 2 | 3 |
| Alluminio naturale | 200 | 300 | 600 | 1,2 | | 1 | | 1,5 | | 2 | 2,5 |
| Rivestimenti colorati | | | | | | | | | | | |
| Tinta satura P = 10%<br>Rosso-marrone-giallo<br>Blu-verde | 120 | 180 | 360 | 1,3<br>1 | | 1<br>1,3 | | 1,5 | | 2 | 2,5 |
| Tinta media<br>P = 30+40%<br>Rosso-marrone-giallo<br>Blu-verde | 40 | 60 | 120 | 1,2<br>1 | | 1<br>1,2 | | 2 | | 4 | 7 |
| Tinta pastello<br>P = 60+70%<br>Rosso-marrone-giallo<br>Blu-Verde | 20 | 30 | 60 | 1,1<br>1 | | 1<br>1,1 | | 3 | | 5 | 10 |

*Livelli di illuminamento e fattori moltiplicativi per tipi di lampade e di superfici da illuminare.*[35]

[35] Gianni Forcolini, "Lighting", Biblioteca Tecnica Hoepli, Milano 2005 pag.352.

## Tabella A.1.6

| Materiali della facciata | Illuminamento (lux) | | | Fattori moltiplicativi di correzione | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ambiente luminoso | | | Tipo lampada | | Stato superficie | | |
| | Debole | Medio | Alto | Mercurio Alogenuri | Sodio AP e BP | Poco sporco | Sporco | Molto sporco |
| Pietra chiara<br>Marmo bianco | 20 | 30 | 60 | 1 | 0,9 | 3 | 5 | 10 |
| Pietra media<br>Cemento<br>Marmo chiaro | 40 | 60 | 120 | 1,1 | 1 | 2,5 | 5 | 8 |
| Pietra scura<br>Granito grigio<br>Marmo scuro | 100 | 150 | 300 | 1 | 1,1 | 2 | 3 | 5 |
| Mattone giallo chiaro | 35 | 50 | 100 | 1,2 | 0,9 | 2,5 | 5 | 8 |
| Mattone marrone chiaro | 40 | 60 | 120 | 1,2 | 0,9 | 2 | 4 | 7 |
| Mattone marrone cupo<br>Granito rosa | 55 | 80 | 160 | 1,3 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Mattone rosso | 100 | 150 | 300 | 1,3 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| Mattone cupo | 120 | 180 | 360 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2 | 3 |
| Calcestruzzo architettonico | 60 | 100 | 200 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2 | 3 |
| Alluminio naturale | 200 | 300 | 600 | 1,2 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| Rivestimenti colorati | | | | | | | | |
| Tinta scura P=10%<br>Rosso-Marrone-Giallo<br>Blu-Verde | 120 | 180 | 360 | 1,3<br>1 | 1<br>1,3 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| Tinta media P=30÷40%<br>Rosso-Marrone-Giallo<br>Blu-Verde | 40 | 60 | 120 | 1,2<br>1 | 1<br>1,2 | 2 | 4 | 7 |
| Tinta pastello P=60÷70%<br>Rosso-Marrone-Giallo<br>Blu-Verde | 20 | 30 | 60 | 1,1<br>1 | 1<br>1,1 | 3 | 5 | 10 |

*Valori di illuminazione consigliati per i diversi tipo di paramento degli edifici monumentali.*[36]

[36] Sergio Rosati, "Efficienza e risparmio energetico nella illuminazione artistica e monumentale", Convegno Nazionale AIDI: Illuminazione dei beni culturali, IV Sessione, Working Papers Ancona 19 e 20 Ottobre 1995 fig.4.

## Tabella A.1.7[37]

| Materiale delle superfici illuminate | Luminanza (lux) raccomandata | | | Fattori di correzione | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Luminosita' degli ambienti | | | correzione per tipo di lampda | | Correzione per condizione della superficie | | |
| | Basso | Medio | Alto | Ioduri di mercurio | Sodio LP HP | Piuttosto Sporco | Sporco | Molto sporco |
| Pietra chiara, marmo bianco | 20 | 30 | 60 | 1 | 0,9 | 3 | 5 | 10 |
| Pietra media, cemento, marmo chairo | 40 | 60 | 120 | 1,1 | 1 | 2,5 | 5 | 8 |
| Pietra scura, granito grigio marmo scuro | 100 | 150 | 300 | 1 | 1,1 | 2 | 3 | 5 |
| Mattoni gialli | 35 | 50 | 100 | 1,2 | 0,9 | 2,5 | 5 | 8 |
| Mattoni marroncini | 40 | 60 | 120 | 1,2 | 0,9 | 2 | 4 | 7 |
| Mattoni marroni granito rosa | 55 | 80 | 160 | 1,3 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Mattoni rossi | 100 | 150 | 300 | 1,3 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| Mattoni scuri | 120 | 180 | 360 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2 | 3 |
| Stucco architettonico | 60 | 100 | 200 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 2 | 3 |
| Aliuminio naturale finiture in termolaccato | 200 | 300 | 600 | 1,2 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| Tinte vivaci (10%)<br>rosso-marrone<br>- giallo<br>verde-blu | 120<br><br>-<br>- | 180<br><br>-<br>- | 360<br><br>-<br>- | -<br><br>1,3<br>1 | -<br><br>1<br>1,3 | 1,5<br><br>-<br>- | 2<br><br>-<br>- | 2,5<br><br>-<br>- |
| Tinte medie (30-40%)<br>rosso-marr.-giallo<br>verde-blu | 40<br>-<br>- | 60<br>-<br>- | 120<br>-<br>- | -<br>1,2<br>1 | -<br>1<br>1,2 | 2<br>-<br>- | 4<br>-<br>- | 7<br>-<br>- |
| Tinte pastello (60-70%)<br>rosso-marr.-giallo<br><br>Blu-verde | 20<br>-<br><br>- | 30<br>-<br><br>- | 60<br>-<br><br>- | -<br>1,1<br><br>1 | -<br>1<br><br>1,1 | 3<br>-<br><br>- | 5<br>-<br><br>- | 10<br>-<br><br>- |

[37] Antonio Zanetti, "L'illuminazione delle città d'arte", Convegno Nazionale AIDI Illuminazione dei beni culturali, V Sessione, Working Papers Ancona 19 e 20 Ottobre 1995 Tabella A.

# APPENDICE B

# *B.1- Potenza assorbita dalle lampade*

## Tabella B.1.1[38]

Caratteristiche principali di alcune lampade ad alogenuri metallici di tipo tubolare ed ellissoidale.

| Potenza Nominale (W) | Potenza Con Ausiliari (W) |
|---|---|
| 70 (E) | 86 |
| 100 (E) | 118 |
| 150 (E) | 172 |
| 250 | 277 |
| 400 | 438 |
| 1000 | 1058 |
| 2000 | 2080 |

[38] tuttoNormel (a cura), "illuminazione esterna" le guide blu, TNE, Torino, 2006, pag.86

## Tabella B.1.2[39]

Caratteristiche principali di alcune lampade a vapori di sodio ad alta pressione con ampolla tubolare chiara.

| Potenza Nominale (W) | Potenza Con Ausiliari (W) |
|---|---|
| 70 (E) | 87 |
| 100 (E) | 118 |
| 150 (E) | 172 |
| 250 | 277 |
| 400 | 438 |
| 1000 | 1058 |

[39] tuttoNormel (a cura), "illuminazione esterna" le guide blu, TNE, Torino, 2006, pag. 83.

## Tabella B.1.3[40]

Caratteristiche principali di alcune lampade fluorescenti

| **Potenza Nominale (W)** | **Potenza Con Ausiliari (W)** |
|---|---|
| 18 | 18 |
| 25 | 25 |
| 18 (LINEARI) | 27 |
| 36 (LINEARI) | 45 |
| 58 (LINEARI) | 73 |

[40] tuttoNormel (a cura), "illuminazione esterna" le guide blu, TNE, Torino, 2006, pag. 91.

# BIBLIOGRAFIA


- AA.VV, "Architettura della luce", Gribaudo, Savigliano, 2003.
- AA.VV, "Luci a cielo aperto", Charta, Milano, 2005.
- AA.VV, "Luci d'artista a Torino", Electa, Milano, 1998.
- AIDI (a cura), Luce come innovazione, AIDI, Milano 2001.
- AIDI (a cura), "Illuminazione dei beni culturali"AIDI, Milano 1995.
- AIDI (a cura), "Raccomandazioni per l'illuminazione pubblica", AIDI, Milano 1993.
- AIDI (a cura), "Guida per il piano regolatore dell'illuminazione pubblica", AIDI, Milano 1998.
- Arnheim Rudolf, "Arte e percezione visiva", Feltrinelli, Milano, 1992.
- Bandini Buti .A – Bertolini .M , "Elettrotecnica pratica, elementi fondamentali"; Delfino, Milano 1971.
- Bertolazzi Rossella (a cura), "Il futuro della città: Slow o Fast. La luce", Compositori, Bologna, 2005.
- Colonnetti Aldo, The Lightmakers, Centro studi e ricerca iGuzzini, Editoriale Domus-Rozzano(Milano), 2004.
- Casazza Ornella, "I beni artistici nel comune di Massa e Cozzile", Comune di Massa e Cozzile, Pistoia, 2002.
- De Ponte Silvio, "Architetture di luce", Gangemi, Roma, 1996.
- Forcolini Gianni, "Lighting",Hoepli, Milano, 2004.
- Forcolini Gianni - Forte Stefania, "Luce dinamica", Tecniche Nuove, Milano, 2003.

- IGuzzini (a cura), "Manuale di illuminotecnica", IGuzzini, Recanati 1989.
- Milanese Marco – Baldassarri Monica, "Il castello e l'uliveto", Comune di Massa e Cozzile, Pistoia, 2004.
- Onori Alberto M. – Arancini Marco – Beccaccini Giampaolo, "Massa e Cozzile, storia di una comunità", Comune di Massa e Cozzile, Pistoia, 1999.
- Pia Società San Paolo (a cura), Piccola guida storica di Massa e Cozzile, Pia Società San Paolo, Roma, 1998.
- Ravizza Donatella, "Progettare con la luce", Francoangeli, Milano, 2003.
- Reggiani (a cura), "Luce e Architettura, Reggiani, Milano, 2002.
- TNE (a cura), "Illuminazione esterna" le guide blu, TNE, Torino, 2006


**RIVISTE**


- "Costruire", n° 246, Novembre 2003.
- "Flare", n°1 Giugno 1989.
- "Flare", n°16 Gennaio/Giugno 1997.
- "Flare", n° 20 Aprile 1999.
- "Flare", n °22 Dicembre 1999.
- "Flare", n° 26 Aprile 2001.
- "Flare", n°9 Settembre 2001.
- "Flare", n°30 Settembre 2002.

- "Flare", n°12 Settembre 2002.
- "Lighting", n° 70, Giugno 2002.
- "LightLive", n°2, 2004.
- "Luce", Aprile 2000.
- "Luce", Giugno 2000.
- "Luce", Settembre 2000.
- "Luce", Febbraio 2001.
- "Luce", Marzo 2001.
- "Luce", Maggio 2001.
- "Luce", Febbraio 2002.
- "Luce", Marzo 2002.
- "Luce", Maggio 2002.
- "Luce", n° 5, 2004.
- "Luce", n° 1, 2005.
- "Luce", n° 2, 2005.
- "Luce", n°3, 2005.
- "Officelayout" n° 103, Marzo-Aprile 2003.
- "Venerdì", allegato della Repubblica n°903 Luglio 2005.