

Rapporto sull'inquinamento luminoso di Loiano dopo la transizione ai LED

Albino Carbognani, INAF-OAS

Versione del 7 aprile 2025

Abstract: dopo il recente passaggio all'illuminazione pubblica a LED, Loiano ha aumentato il proprio contributo all'inquinamento luminoso del territorio. Da immagini riprese dalla cupola del telescopio "Cassini", il flusso di luce diretto verso l'osservatorio è aumentato di circa un fattore due in diverse aree. Misure fotometriche condotte con un campionamento per le strade principali di Loiano hanno messo in evidenza una luminanza mediamente superiore al valore di 1 cd/m^2 , adottata per le strade extraurbane principali. Il maggiore contributo all'inquinamento luminoso non proviene dal centro del paese, che si è mostrato relativamente buio perché ha mantenuto la vecchia illuminazione al sodio, ma dalle strade limitrofe, principalmente Via Roma, Viale Marconi e SS 65 della Futa per la parte interna al paese. Le attività commerciali danno un contributo trascurabile. La zona più illuminata in assoluto è l'incrocio della SP22 con la SS65, come era già evidente dalle immagini riprese dal "Cassini". Dalle stime fatte risulta che per tornare allo stato di inquinamento luminoso precedente bisognerebbe abbassare la potenza luminosa dei LED di circa il 50%. Per ridurre l'inquinamento luminoso rispetto alla situazione con le lampade al sodio bisognerebbe andare oltre questa soglia e arrivare al 60-70%.

Introduzione

L'inquinamento luminoso (**light pollution**) è un problema ambientale crescente causato da un'illuminazione artificiale eccessiva e mal indirizzata, che altera gli ecosistemi, influisce sulla salute umana e ostacola le osservazioni astronomiche. Il problema dell'inquinamento luminoso è quindi una spina nel fianco degli astronomi, ma anche un **inutile aggravio di spesa pubblica**: soldi che potrebbero essere risparmiati e impiegati per lo stato sociale se ne vanno letteralmente in fumo per cancellare la notte.

Negli ultimi anni un importante cambiamento nella tecnologia dell'illuminazione stradale è stata la transizione dalle **lampade al sodio a bassa pressione** (LPS, low-pressure sodium) alle **lampade a LED** (light-emitting diode). Mentre per le LPS la luce è emessa dal gas di sodio contenuto in un tubo di vetro e attraversato da una scarica elettrica, nel caso dei LED si tratta di **lampade a stato solido** dove luce viene prodotta da una **giunzione p-n** attraversata da corrente. A differenza delle lampade tradizionali, i LED emettono luce direttamente dal materiale semiconduttore, senza la necessità di un filamento che si riscalda (come nelle lampade a incandescenza) o di gas ionizzato (come nelle lampade a scarica). Questo rende i **LED molto più efficienti nel trasformare l'energia elettrica in luce**. Con le LPS i colori degli oggetti illuminati non sono facilmente distinguibili quindi hanno una scarsa resa cromatica e se a questo si somma l'inefficienza energetica e una durata circa 10 volte inferiore ai LED, **si capisce perché molte città le abbiano sostituite con luci a LED bianche, che offrono una migliore visibilità e un consumo energetico inferiore**.

Mentre i LED offrono una maggiore efficienza energetica e una durata di utilizzo più lungo rispetto alle LPS, hanno lo svantaggio che **possono aumentare l'inquinamento luminoso** se non usati nel modo opportuno. Le **lampade LPS**, tradizionalmente utilizzate per l'illuminazione stradale, emettono una **luce giallo-arancio a banda stretta** alla lunghezza d'onda media di circa 589,3 nm (dovuta all'emissione dell'atomo di sodio), che può essere facilmente filtrata nelle osservazioni astronomiche, mentre per i **LED** a luce bianca questo **non è più possibile** perché **emettono su tutto lo spettro del visibile generando tutti i colori**, dal rosso al verde fino al blu come la luce solare.

Efficienza energetica e rischi dei LED

Lo scopo principale di un lampione stradale è illuminare il suolo per consentire alle persone di vedere dove guidano/camminano durante il periodo notturno. Una caratteristica di qualsiasi lampada è la **potenza luminosa** ossia quanta luce, che possa essere vista dai nostri occhi, emettono nell'unità di tempo in tutte le

direzioni. Se si rapporta la potenza luminosa alla potenza elettrica assorbita dalla lampada si ha l'efficienza energetica del dispositivo. Nel Sistema Internazionale (SI), la potenza luminosa di una sorgente di luce si misura in **lumen (simbolo lm)**, mentre la **potenza elettrica assorbita si misura in watt** (simbolo W) e vale la relazione **683 lumen = 1 watt**. L'efficienza energetica di una lampada è espressa dal numero di lumen generati per ogni watt assorbito e cambia in base alla tipologia. Ad esempio, le vecchie lampadine a incandescenza avevano un'efficienza di 13,5 lm/W; le lampade a fluorescenza (dette anche a "risparmio energetico") hanno un'efficienza di 90 lm/W, quasi 7 volte meglio rispetto a una lampada a incandescenza. Le LPS si attestano sui 100-150 lm/W, mentre i LED stradali hanno un'efficienza dell'ordine di 185 lm/W. Se ben utilizzati i LED sono in grado di ridurre la bolletta energetica e i costi di manutenzione dell'impianto.

Nonostante questi vantaggi, i LED a luce bianca contribuiscono maggiormente all'inquinamento luminoso principalmente per due motivi:

1. **Spettro più ampio:** i LED bianchi emettono su tutto lo spettro del visibile e quindi emettono molta più luce blu rispetto alle LPS che non ne emettono affatto. La luce blu riflessa dal suolo, dalle case e dagli alberi viene diffusa maggiormente dall'atmosfera, aumentando la luminosità di fondo cielo e riducendo la visibilità delle stelle. Si tratta dello stesso fenomeno per cui il cielo è blu: il colore blu è dovuto alla diffusione in atmosfera della luce che ci arriva dal Sole che è composta di tutti i colori, dal rosso al verde al blu, ma è il blu che viene diffuso maggiormente conferendo la tipica colorazione al cielo. In assenza di atmosfera il cielo sarebbe perfettamente nero, come avviene sulla Luna.
2. **Maggiore flusso luminoso:** i LED sono lampade molto direzionali, non emettono la luce in tutte le direzioni come fanno le LPS e tutte le comuni lampadine a risparmio energetico, ma solo entro un angolo solido con apertura di 120°. Cosa sia un angolo solido lo vedremo più avanti, ma questo è un punto sottovalutato che può portare a un'illuminazione eccessiva delle strade e a una conseguente diffusione di luce verso l'alto con aumento dell'inquinamento luminoso.

La transizione ai LED di Loiano

Nel corso del 2024 nel paese montano di **Loiano (Bologna)** è arrivata l'**illuminazione pubblica basata sui LED**, che hanno sostituito i vecchi lampioni con le **LPS**. Uno degli obiettivi della sostituzione era l'**abbattimento dell'inquinamento luminoso** che, per un comune che ospita il **secondo osservatorio astronomico italiano**, dovrebbe essere una priorità e motivo di orgoglio. Infatti, sul Monte Orzale, a circa 1460 metri in linea d'aria dalla piazza centrale del paese, si trova la **Stazione Astronomica di Loiano**, che ospita il telescopio "G. D. Cassini", un riflettore da 152 cm di diametro (codice IAU 598) e anche il recentissimo sistema di telescopi multipli **TANDEM** (Telescope Array eNabling DEbris Monitoring, codice IAU D98) per l'osservazione di satelliti artificiali e space debris¹. La Stazione è gestita dall'**Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio di Bologna** appartenente all'**Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)**. Con il "Cassini" e TANDEM vengono svolte ricerche sulle orbite di satelliti/space debris, asteroidi near-Earth, transiti di pianeti extrasolari, nuclei galattici attivi, transienti ottici e un cielo buio è il migliore strumento di cui un osservatorio astronomico possa disporre: in base alla legge regionale contro l'inquinamento luminoso, la Stazione Astronomica di Loiano gode di un'area di protezione con un raggio di 25 km. A Loiano esiste un secondo osservatorio ufficialmente riconosciuto dall'Unione Astronomica Internazionale, il **Virgil Observatory (codice IAU M60)**, che ha come principale attività la conferma di nuovi asteroidi near-Earth. Questo secondo osservatorio si trova a soli 755 metri dal centro, nella immediata periferia del paese e coadiuvava l'attività fotometrica del "Cassini": **con il passaggio ai LED ha cessato l'attività osservativa perché la terrazza che lo ospita è illuminata a giorno da un lampione posto a pochi metri di distanza**.

¹ <https://www.oas.inaf.it/it/progetti/tandem-it/>

Nel capitolato tecnico del nuovo impianto di illuminazione erano previsti moduli LED con **temperatura di colore di 3000 K** (un po' alta, era preferibile 2500 K, ma è conforme con l'Art.4 della legge Regionale contro l'inquinamento luminoso)², schermatura delle luci verso l'alto, possibilità di **regolare l'inclinazione dei lampioni da -10° a +25° rispetto all'orizzonte**, sistema modulare per l'alloggio di uno o più moduli a LED per scegliere fra diverse potenze disponibili. Sempre nel capitolato, i lampioni LPS da 100, 125 e 150 W di Via Roma e SS 65 della Futa sono sostituiti da **lampioni a LED con potenza dell'apparecchio di 67,7 W** (mantenendo i vecchi pali, i punti luce sono gli stessi), così come i lampioni al sodio da 70, 100 e 125 W di Viale Marconi. Nella zona del **centro del paese** i lampioni a LED proposti avevano invece una **potenza dell'apparecchio di 42 W**. Nel complesso era stimato un risparmio sulla bolletta elettrica di circa il 50%.

Abbiamo verificato che i nuovi corpi illuminanti a LED recentemente installati sulla SS65 della Futa sono il **modello I-TRON zero della AEC con due moduli LED** (vedi Figura 1). In base alla scheda informativa riportata dal costruttore³, con una temperatura di colore di 3000 K e una potenza dell'apparecchio di 67,7 W (come da capitolato tecnico) la **potenza luminosa dell'apparecchio risulta di circa 9100 lm, con un'efficienza di 134 lm/W** (dati rilevati dal costruttore in laboratorio). Ciascun modulo è equipaggiato con due LED ed è dotato di un retro-riflettore in alluminio con una riflettività del 99% per inviare la luce verso il suolo. Il modulo è protetto da un vetro in modo da mantenere inalterata la riflettività con il passare del tempo. Il **cono di luce proiettato al suolo è asimmetrico**, proietta la luce in avanti e lateralmente, mentre non emette quasi luce dietro il lampione.



Figura 1 – Immagine di uno dei nuovi lampioni a LED di Loiano sulla SS 65 della Futa. Il lampione è dotato di due moduli a LED (i LED sono i quadratini di colore giallo) e ne può ospitare fino a 4, ben visibile la scritta I-TRON zero che identifica il modello della ditta AEC. Crediti: A. Carbognani.

² <https://ambiente.regionemilia-romagna.it/it/luce-rumore-elettrosmog/inquinamento-luminoso>

³ https://www.aecilluminazione.it/wp-content/uploads/2022/09/Scheda-Prodotto_I-TRON-ZERO_02-2025.pdf

Dopo la **transizione a LED** abbiamo fatto un **test prima qualitativo e poi quantitativo sull'inquinamento luminoso generato da Loiano**, riprendendo il paese nel dicembre 2024 dalla cupola del "Cassini" e confrontando con un'analogia immagine ripresa nel dicembre 2020.



Figura 2 - Nell'immagine in falsi colori un confronto fra l'inquinamento luminoso prodotto da Loiano il 21 dicembre 2020 con la Luna al primo quarto (in alto) e il 26 dicembre 2024 senza Luna, dopo il recente passaggio all'illuminazione a LED (in basso). Le immagini in formato raw sono state riprese dalla cupola del telescopio "Cassini" con la stessa reflex, sensibilità, obiettivo e tempo di posa. Come si vede l'intensità della luce riflessa dalle strade e dagli edifici è aumentata. Gli alberi e il paesaggio debolmente illuminati nell'immagine del 2020 sono una conseguenza della luce lunare e non dell'inquinamento luminoso. Il risultato non dipende dal periodo natalizio, identiche immagine sono state ottenute nel mese di marzo 2025. Crediti: A. Carbognani.

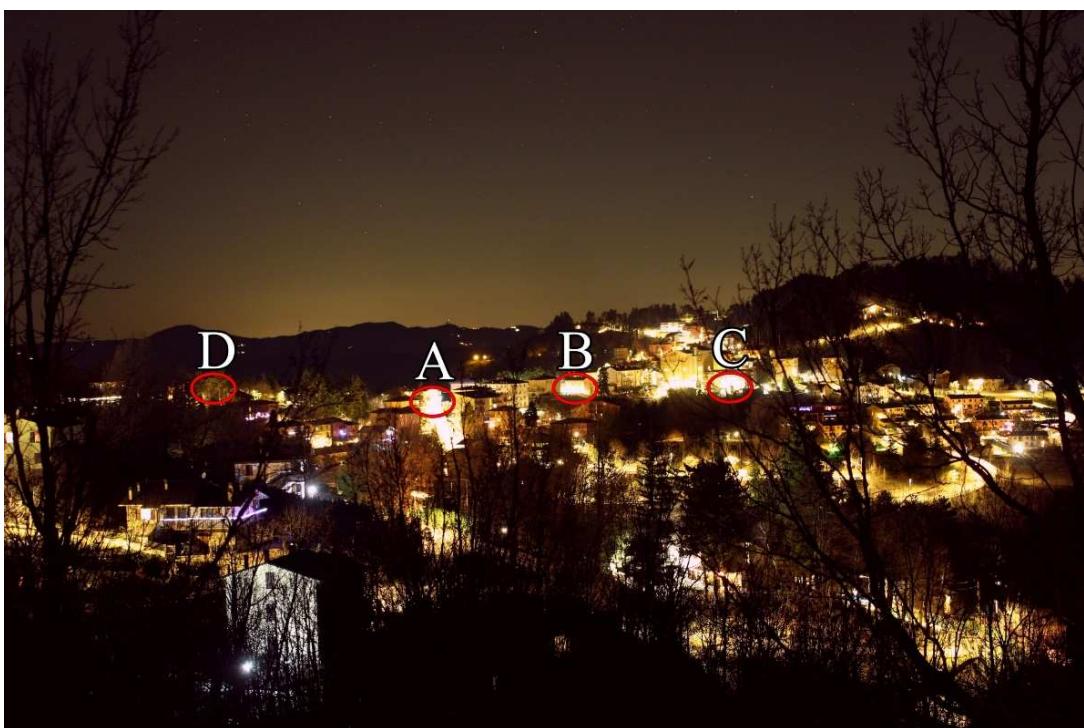


Figura 3 – Misura dell'intensità luminosa di Loiano in alcune aree selezionate. Crediti: A. Carbognani.

La Figura 2 mostra il confronto fra prima e dopo il passaggio ai LED in **falsi colori**, per rendere immediatamente visibili quali siano i punti più brillanti dell'abitato. Sulla sinistra in alto si vede bene che, con il passaggio ai LED, la luce diffusa verso il cielo è aumentata, come dimostrato dalle cime degli alberi (area D, Figura 3), che ora sono illuminate, mentre nel dicembre 2020 non lo erano nonostante la luce della Luna al primo quarto (assente nel 2024). Anche se i corpi illuminanti dei lampioni pubblici dirigono il fascio di luce tendenzialmente verso il basso hanno un raggio d'azione di 100-200 metri davanti a loro e non illuminano solo la strada, ma tutto quello che hanno attorno. A causa di questo e della notevole efficienza dei LED ora le strade principali e le facciate degli edifici appaiono molto illuminate e si comportano come giganteschi "specchi" che diffondono la luce verso il cielo e l'osservatorio.

Visto che le immagini sono state riprese con una macchina fotografica digitale usando il formato raw non compresso è possibile **misurare l'intensità media dei pixel delle facciate degli edifici** per stimare di quanto è aumentato l'inquinamento luminoso di Loiano nel passaggio ai LED, così da un'analisi qualitativa siamo passati a una più quantitativa. Questo è stato fatto in alcune aree selezionate mostrate in Figura 3, **quelle che danno il maggior contributo alla luce diretta verso la cupola della Stazione Astronomica**. Rispetto alle analoghe aree riprese nel 2020 l'intensità luminosa media di A è passata da **6000 a 12000 ADU** (Analog to Digital Unit). Per B da **4000 ADU a 12400 ADU**; l'area C da **3600 a 15000 ADU**, infine l'area D da **2200 a 2400 ADU**. **Nel complesso, rispetto al 2020, si può stimare in un fattore 2 l'aumento dell'output luminoso verso l'osservatorio dell'abitato di Loiano.**

Il passaggio ai LED doveva essere un'occasione per ridurre l'inquinamento luminoso di Loiano e proteggere l'attività dell'osservatorio in omaggio alla legge contro l'inquinamento luminoso dell'Emilia Romagna, ma l'obiettivo non appare raggiunto. Come mai a fronte di una potenza elettrica assorbita minore rispetto a prima, l'inquinamento luminoso è aumentato? Sicuramente c'è il contributo della diffusione della luce blu dei LED che le lampade al sodio non avevano, ma **le pareti e le strade molto illuminate** fanno pensare che nella fase di progettazione dell'impianto di illuminazione pubblica la potenza luminosa dei lampioni a LED sia stata sovradimensionata. Per verificare questa ipotesi sono state condotte misure fotometriche direttamente nelle strade principali del paese.

Quanto illuminano i lampioni di Loiano

Abbiamo visto che la **potenza luminosa di un lampione** nel SI si misura in **lumen**: questo numero però non ci dice niente sulla luce che **arriva sulla sede stradale** ossia **sull'illuminamento**, che dipenderà sia dall'altezza del lampione, sia dall'angolo solido entro cui viene diretta verso il suolo la luce prodotta dal corpo illuminante. L'illuminamento è definito come il rapporto tra la potenza luminosa della sorgente di luce e la superficie che viene illuminata: nel SI si misura in **lumen/m²**, **unità che viene chiamata lux** (simbolo lx). Se la sorgente di luce **emette in modo isotropo ed omogeneo** ossia allo stesso modo in tutte le direzioni, la luce si disperderà su una superficie sferica e l'illuminamento I sarà dato da $I = \text{lumen} / 4\pi r^2$, dove r è la distanza dalla sorgente. A parità di potenza luminosa emessa, aumentando la distanza dalla sorgente, la superficie su cui si disperde la luce aumenta con il quadrato della distanza quindi il valore dell'illuminamento diminuisce.

Come riferimento bisogna tenere presente che la **luce solare diretta** produce un **illuminamento di circa 50.000 lux**, mentre in una **giornata nuvolosa si può scendere a 1000 lux**, ma l'occhio se ne accorge poco della differenza perché la risposta agli stimoli è logaritmica e la **sensazione di luminosità che si percepisce scende da 4,6 a 3**. Per avere una stanza ben illuminata bastano 200 lux, per le **strade principali 15 lux** sono più che sufficienti per garantire la sicurezza, mentre per le **strade secondarie bastano 5 lux**, vedi Tabella 1. L'illuminamento si misura con **appositi strumenti detti luxmetri**. Il luxmetro è uno strumento fondamentale per misurare l'illuminamento in ambienti di lavoro e spazi pubblici e viene utilizzato per la **progettazione, il controllo e il collaudo di qualsiasi prodotto dedicato all'illuminazione**. Equipaggiati con un luxmetro avente un'incertezza di misura del $\pm 4\%$ abbiamo campionato l'illuminamento per le vie principali di Loiano, SS 65 della Futa, Via Roma, centro del paese e Viale Marconi. I risultati ottenuti sono riassunti nella Figura 4.

Tabella 1 - I diversi valori di illuminamento a seconda delle condizioni ambientali, naturali o artificiali⁴.

Tipo di illuminazione	Lux
Luce solare diretta	50.000 lux
Luce del giorno indiretta con cielo sereno	10.000–20.000 lux
Luce del giorno con cielo coperto	1000–5000 lux
Interno ufficio	200–500 lux
Minimo per una lettura confortevole	300 lux
Illuminazione corridoi e zone di lavoro esterne	50–100 lux
Tramonto	10 lux
Illuminazione pubblica su strada principale	15 lux
Illuminazione pubblica su strada secondaria	5 lux
Tramonto (inizio)	10 lux
Tramonto (al termine)	1 lux
Notte luna piena	0,3 lux
Notte con quarto di luna	0,1 lux
Notte senza luna con cielo stellato	0,001 lux
Notte senza luna con cielo coperto	0,0001 lux

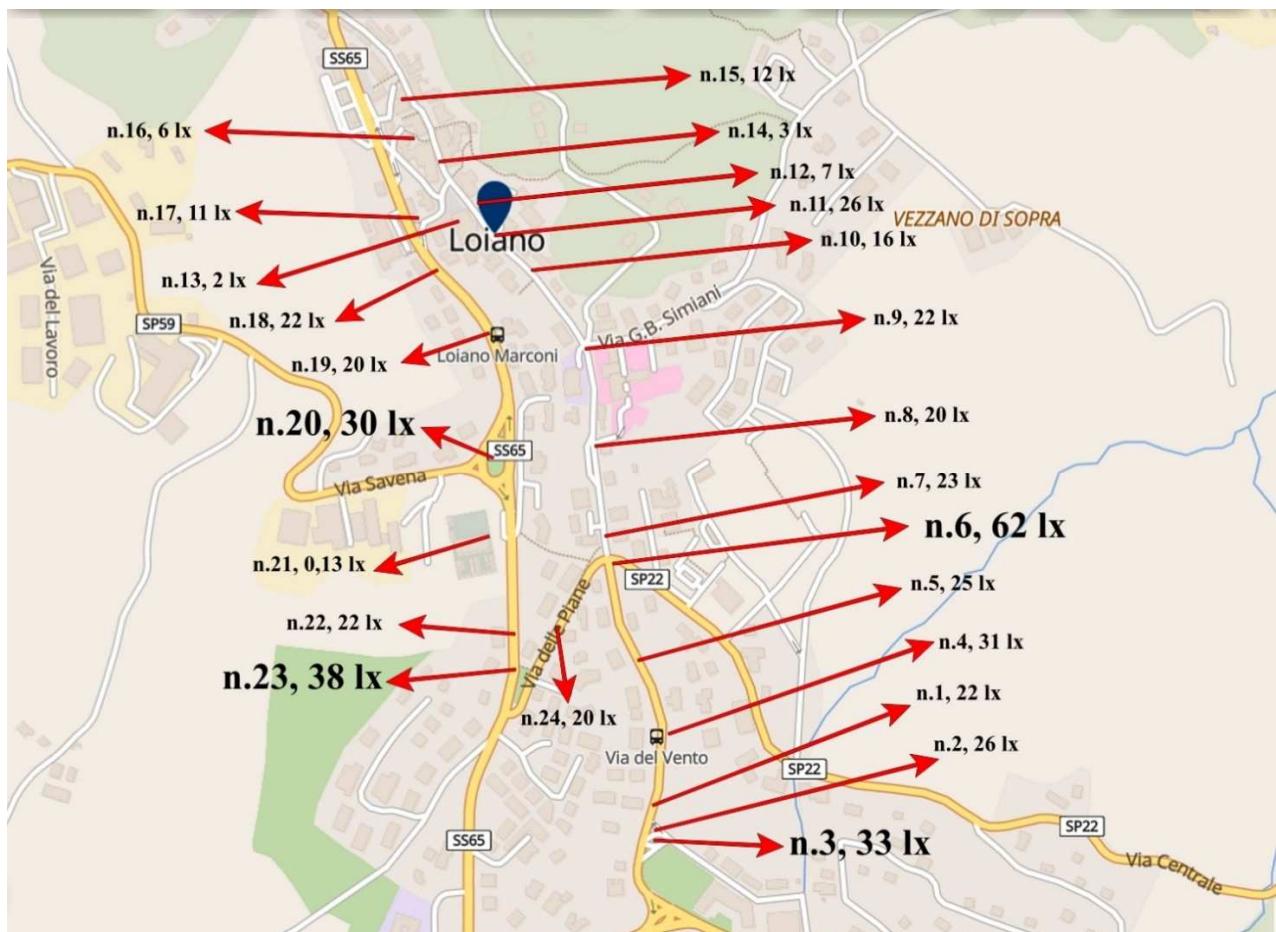


Figura 4 – Una mappa dell’illuminamento delle vie principali di Loiano. Le misure sono state fatte con un luxmetro la sera del 30 marzo 2025 fra le 21:15 e le 22:15 locali, in assenza di traffico veicolare e pedoni. Crediti: A. Carbognani.

⁴ https://www.dseitalia.it/tut_tel_illuminazione.htm

In totale sono stati **campionati 24 punti**, sia sotto i lampioni, sia in mezzo alla strada. Pur non essendo un campionamento fitto e completo, ad esempio manca Via Turrini (la strada ben illuminata che appare sotto il punto C di Figura 3), oppure il piazzale dell'ospedale (sempre punto C), qualche indicazione interessante lo fornisce. Fra i punti misurati la zona più buia è risultata il **piazzale antistante il cimitero**, in cui è stato misurato un valore di illuminamento di soli 0,13 lx. La **zona più luminosa** invece è risultato **l'incrocio fra la strada provinciale 22 (SP 22) e la SS 65 della Futa**, che detiene il **record con ben 62 lx**. Queste strade supportano la circolazione locale e nel periodo delle misure, in prima serata di una domenica di marzo, erano pressoché deserte. Al centro dell'incrocio l'illuminazione si mantiene elevata con 27 lx. Questo punto particolarmente illuminato **corrisponde all'area A** della Figura 3. Altra zona particolarmente illuminata è la scalinata del **Parco dei Veterani** che con i suoi 38 lx si piazza al secondo posto. Per fortuna, il Parco non è rivolto verso l'osservatorio. Al terzo posto delle zone con l'illuminamento maggiore c'è **l'incrocio di Via del Vento con la SS 65 della Futa**, che riceve luce sia dai lampioni della SS 65, sia da quelli di Via del Vento oltre ad avere dei potenti lampioni propri. Nella Figura 3 questa zona illuminata si trova immediatamente a destra dell'area D.

Dalle misure effettuate risulta che **il centro del paese di Loiano è rimasto piuttosto buio**, in effetti qua sembra che non ci sia ancora stato il passaggio ai LED, l'illuminazione pubblica avviene ancora con le lampade al sodio ad alta e bassa pressione e il contributo degli esercizi commerciali appare trascurabile. Anche davanti al municipio l'illuminazione del piazzale si ferma a 12 lx. **Il contributo maggiore all'inquinamento luminoso prodotto da Loiano che arriva in osservatorio proviene quindi dalle strade principali che, pur essendo deserte e con scarso flusso veicolare notturno, appaiono molto illuminate.**

Norma UNI EN 13201:2016

Ai fini della regolamentazione della pubblica illuminazione, la norma di riferimento è la UNI EN 13201:2016 di cui ci interessa la sezione 2, dove vengono definite le categorie illuminotecniche stradali che tengono conto della tipologia di strada e di traffico che popola la stessa, che riassumiamo nella Tabella 2⁵.

Tabella 2 - Categorie illuminotecniche della norma UNI EN 13201:2016 per le strade.

Categoria	Descrizione	Luminanza (cd/m ²)
M1	Autostrade	2,0
M2	Strade di servizio autostrade	1,5
M3	Strade extraurbane principali	1,0
M4	Strade extraurbane secondarie	0,75
M5	Strade urbane veloci	0,5
M6	Strade urbane di quartiere	0,3

Come si vede, nella Tabella 2 della norma UNI EN 13201:2016 si fa riferimento **alla luminanza** e non all'illuminazione espressa in lux. Vediamo di capire di che si tratta. Prima di tutto va definita **l'intensità luminosa** di una sorgente di luce, definita come la potenza luminosa che cade all'interno di un angolo solido di 1 steradiante. Lo steradiante è il rapporto fra l'area in cui cade la luce e la distanza al quadrato dalla sorgente, nel caso di una sorgente con emissione isotropa l'emissione avviene su 4π steradiani, vedi Figura 5. Nel SI l'intensità luminosa si misura in **candele (simbolo cd)** e vale la definizione **1 cd = 1 lumen/1 steradiante**. L'intensità luminosa emessa dalla fiamma di una comune candela di cera misura circa 1 cd. Se si prende l'intensità luminosa della sorgente, si misura l'area in metri quadrati che sottende l'angolo di 1 steradiante alla distanza dalla sorgente e si fa il rapporto si trova la **luminanza, che si misura in cd/m²**. La luminanza è quindi un indicatore di quanto luminosa apparirà la superficie illuminata dal lampione, in questo

⁵ UNI - Ente Italiano di Normazione, UNI EN 13201-2-2016 - Illuminazione stradale - Parte 2 - Requisiti prestazionali, 2016.

caso l'angolo solido di interesse è l'angolo solido sotteso dalla pupilla dell'occhio: per questo motivo viene considerata la luminanza nella norma UNI EN 13201:2016 riferita alle strade.

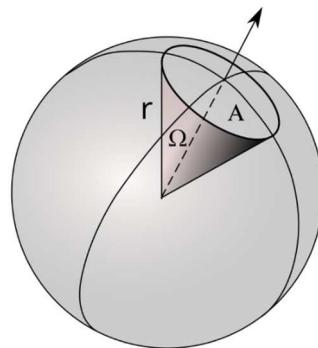


Figura 5 – Definizione dell'angolo solido Ω (Omega), dato dal rapporto fra l'area A sulla sfera di raggio r e il raggio al quadrato: $\Omega = A/r^2$. L'intero angolo solido vale $4\pi^2/r^2 = 4\pi$ steradiani. Crediti immagine: Wikipedia.

Adottando come rapporto di conversione di una superficie Lambertiana su asfalto italiano l'equivalenza standard $14,5 \text{ lx} = 1\text{cd}/\text{m}^2$, dai valori dell'illuminamento misurati si possono calcolare le luminanze delle strade di Loiano, vedi Tabella 3. Queste strade possono essere classificate al più come extraurbane principali e come si vede confrontando la Tabella 2 con la Tabella 3, invece di avere una luminanza di $1 \text{ cd}/\text{m}^2$ hanno valori mediamente superiori, tranne al centro del paese dove la luminanza è invece molto contenuta.

Tabella 3 – Elenco dell'illuminamento a livello stradale misurato nelle 24 aree campionate nel paese di Loiano la sera del 30 marzo 2025 utilizzando un luxmetro. L'incertezza delle misure è $\pm 4\%$. L'ultima colonna riporta la luminanza, una misura della luce emessa dal lampione e riflessa dall'asfalto che entra direttamente nell'occhio. In verde sono indicati i livelli di illuminamento più bassi misurati, in rosso quelli più elevati.

N.	Descrizione	Illuminamento (lx)	Luminanza (cd/m ²)
1	Base lampione SS della Futa	22	1,5
2	Base lampione SS della Futa	26	1,8
3	Incrocio di Via del Vento con SS della Futa	33	2,3
4	Fermata bus su SS della Futa	31	2,1
5	Centro della strada SS della Futa	25	1,7
6	Incrocio SS della Futa con SP 22	62 (27)	4,3 (1,9)
7	Lampione davanti Antico Stradello in Via Roma	23	1,6
8	Via Roma, in mezzo alla strada	20	1,4
9	Incrocio fra Via Roma e Via Simiani, in mezzo alla strada	22	1,5
10	In mezzo alla strada prima della Conad (lampione molto in alto perché posizionato al di sopra di un muretto)	16	1,1
11	Inizio del centro del paese, in mezzo alla strada	26	1,8
12	Illuminazione stradale dal porticato (luci al sodio)	7	0,5
13	Centro del piazzale della chiesa	2	0,1
14	Via Roma, in mezzo alla strada dopo Benvenuti	3	0,2
15	Piazza del municipio (centro del fiore al suolo)	12	0,8
16	Stradina davanti all'Antica Corona (luce al sodio)	6	0,4
17	Lampione di fianco all'Alberone	11	0,8
18	Lampione di Viale Marconi appena dopo la Coop	22	1,5
19	Viale Marconi, in mezzo alla strada	20	1,4
20	Rotonda all'ingresso del paese su Via Savena	30	2,1
21	Piazzale del cimitero	0,13	0,009
22	Viale Marconi, in mezzo alla strada	22	1,5
23	Scalinata del Parco dei Veterani	38	2,7
24	Via delle Piane (SP 22), in mezzo alla strada	20	1,4
Valore medio (escluse le righe in verde)		26,9	1,8

Risultati

In base alle misure a campione fatte **la potenza elettrica usata per alimentare i lampioni a LED delle strade di Loiano appare elevata e andrebbe ridotta di circa un 50% per ritornare allo stato dell'inquinamento luminoso precedente. Per ridurre l'inquinamento luminoso rispetto alla situazione precedente bisognerebbe andare oltre questa soglia e arrivare al 60-70%, peraltro con un notevole risparmio sulla bolletta energetica.** Come possibile soluzione alternativa va **attenuata l'illuminazione del 50% dopo un certo orario, ad esempio dalle 22 ora locale fino alle 04 locali del mattino:** le lampade a LED sono dimmerabili e ne va verificata la fattibilità tecnica con l'impianto esistente.

Nel capitolato era prevista la presenza del meccanismo della **“mezzanotte virtuale”** ossia l'attenuazione del 30% dell'illuminazione su una fascia oraria di 4-5 ore centrata sull'ora mediana fra accensione serale e spegnimento mattutino. **Va verificato se questa modalità è presente nell'impianto attuale:** alcuni modelli di corpi illuminanti I-TRON zero hanno questo meccanismo. In questo modo si ridurrebbe l'inquinamento luminoso in una parte delle ore dedicate alle osservazioni astronomiche. Altro consiglio è di **togliere il braccio curvo** che è rimasto a una parte dei lampioni (avendo utilizzato gli stessi sostegni di prima), in modo da avere lampade perfettamente ortogonali al piano stradale e di cui si può ridurre la potenza elettrica assorbita visto che, riducendo l'altezza, aumenta l'illuminamento stradale.

Conclusioni

Da un confronto fra due immagini riprese nelle stesse condizioni dalla cupola del telescopio “Cassini” nel dicembre 2020, con illuminazione pubblica al sodio, e nel dicembre 2024, dopo la transizione ai LED, risulta un raddoppio del flusso di luce diretto verso l'osservatorio. Questo raddoppio è causato da zone particolarmente illuminate del paese di Loiano. Un primo campionamento fotometrico condotto per le strade del paese ha permesso di stabilire che il contributo all'inquinamento luminoso del centro del paese è trascurabile rispetto ai contributi provenienti dalle vie principali, Via Roma, SS65 della Futa e Viale Marconi che hanno un'illuminazione che appare elevata per essere delle strade montane con scarsa percorrenza notturna. Dalle misure fatte risulta che per tornare al livello dell'inquinamento luminoso precedente, la potenza luminosa dei nuovi lampioni andrebbe ridotta di circa il 50%.

Sebbene i LED siano più duraturi ed efficienti dal punto di vista energetico rispetto alle lampade al sodio, sono lampade fortemente direzionali e questo può peggiorare la situazione dell'inquinamento luminoso se non si abbassa sufficientemente la potenza luminosa dell'impianto. Inoltre, anche la maggiore emissione di luce blu rispetto alle lampade al sodio contribuisce ad esasperare, invece di attenuare, il problema dell'inquinamento luminoso. Chiudiamo con i cinque consigli che la DarkSky International⁶ e l'Illuminating Engineering Society hanno pubblicato congiuntamente e che si dovrebbero sempre seguire così da prevenire e ridurre l'inquinamento luminoso:

1. Usare l'illuminazione solo se necessario
2. Dirigere il fascio di luce solo dove è realmente utile: le luci vanno schermate in modo tale che non vengano illuminate le pareti e le terrazze degli edifici, così da evitare l'effetto “specchio”.
3. Evitare un'illuminazione più elevata di quanto serva: l'illuminazione a giorno non solo alza il costo della bolletta elettrica, ma rischia anche di abbagliare l'occhio che di notte è più sensibile alla luce.
4. Usare l'illuminazione esterna solo quando è necessario: inutile lasciare un lampiono acceso tutta la notte se non ci passa sotto nessuno, per questo motivo si devono usare i sensori di movimento che accendono il lampiono solo se serve. Con i LED l'accensione e lo spegnimento sono immediati.
5. Usare luci virate verso il rosso ossia con temperature di colore basse (2000 K) in modo che venga diffusa meno luce possibile in atmosfera.

⁶ <https://darksky.org/>